

الزلازل والبراكين فى المنطقة العربية

(سبل التخفيف من آثارهما)

دكتور

على عبد العظيم تعيلب

أستاذ باحث متفرغ

المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

يوليو ٢٠٠٦

الزلازل والبراكين في المنطقة العربية

(سبل التخفيف من آثارهما)

تأليف
أ. د. على عبد العظيم تعيلب
أستاذ باحث متفرغ
المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

الطباعة
مؤسسة الطوبجى
للتجارة والطباعة والنشر
٢٠ شارع الجامع الإسماعيلى -
لاظوغلى - القاهرة
ت ٧٩٦٢٣٦٤ - ٠١٠١١١٨٨٨٤
المدير العام
« سمير الطوبجى »

يوليو ٢٠٠٦


بسم الله الرحمن الرحيم



تقديم

فى إطار سياسة وزارة الدولة للبحث العلمى لدعم البحث العلمى كأساس للتنمية وربطة بإحتياجات مؤسسات الإنتاج والخدمات بالدولة وتشجيعية على إقتحام المشكلات القومية وبحث السبل لحلها ، وخطة المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية فى هذا الأطار يهتم المعهد أيضا بالثقافة العلمية ونشر الوعى العلمى بين شباب المستقبل وسائر المثقفين . ويحرص المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية على تبسيط العلوم وإصدار الكتب العلمية المتخصصة والكتيبات العلمية المبسطة فى مجالات تخصصات المعهد المختلفة لمساعدة القارئ العربى عامة والشباب بصفة خاصة على فهم العلوم وإستيعابها .

وجدير بالذكر أن المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية يقوم سنوياً بنشر العديد من الكتب والكتيبات العلمية المبسطة فى مجالات علوم طبيعة الأرض وعلوم الفلك والفضاء ، وذلك لتعميم مفاهيمها وتقريب مفرداتها من الأجيال الجديدة ، لمساعدتهم على تفهم الكون والحفاظ على البيئة الطبيعية .

وكتاب الزلازل والبراكين فى المنطقة العربية هو أحد الكتب التى يقدمها المعهد لتبسيط العلوم وهو يهدف إلى تفهم ظاهرتى الزلازل والبراكين وتأثيرهما على الأنسان وممتلكاته . كما يعرض الكتاب للتوزيع الجغرافى للنشاط الزلزالى والبركانى فى المنطقة وسبل التخفيف من أثارهما . وقد جاء عرضه للموضوع مناسباً للمتخصصين والقراء بصفة عامة .

ومع الأمل فى المزيد من الكتب والكتيبات العلمية المبسطة فى مجالات العلم المختلفة التى تخدم القارئ العربى ، نسأل الله التوفيق لأسرة المعهد لخدمة وطننا الحبيب.

أ.د. صلاح محمد محمود

رئيس المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

تقديم للمؤلف

يعتبر التخفيف من آثار كارثتي الزلازل والبراكين هي الشغل الشاغل للبشرية في الوقت الحالي، نظراً لصعوبة توقع زمن حدوثهما ، وذلك على الرغم من المعرفة الجيدة بأماكن توزيعهما الجغرافي على إمتداد الكرة الأرضية والجهود التي تبذل لتحديد قوى النشاط الزلزالي المتوقع ، والتعرف على المخاطر المصاحبة للنشاط البركاني.

للتخفيف من آثار الزلازل والبراكين في منطقة ما .... يلزمنا معرفة طبيعة هذه المنطقة الجيولوجية والتكتونية، والتوزيع الجغرافي للنشاط الزلزالي والبركاني بها، وقوى النشاط الزلزالي المتوقع حدوثه، وطبيعة النشاط البركاني الذي يحدث بالمنطقة وذلك من خلال دراسة التاريخ الزلزالي والجيولوجي للمنطقة ، وتسجيلات النشاط الزلزالي الحديثة ، وفترات النشاط البركاني إن وجد.

والمنطقة العربية مثل كل مناطق الكرة الأرضية لها طبيعتها الزلزالية الخاصة بها سواء داخل المنطقة العربية أو المناطق المحيطه بها ، كما أن النشاط البركاني بالمنطقة العربية محدود ولا يشكل خطورة مثل النشاط الزلزالي . للتخفيف من آثار النشاط الزلزالي والبركاني بالمنطقة العربية يلزمنا التعرف على طبيعة هذين النشاطين وتحديد أماكنها سواء داخل المنطقة العربية أو المناطق المحيطة بها خاصة وأن الكوارث الزلزالية والبركانية لا تعرف الحدود الجغرافية ، لذا يلزم الاحتياط لها حتى لو كان حدوثها بالمناطق المجاورة للمنطقة العربية.

يشمل الكتيب الحالي عرضا للنشاط الزلزالي التاريخي والحديث بالمنطقة العربية وسبل التخفيف من آثارها . وأرجوا أن أكون قد قدمت من خلال هذا الكتيب العلمي المبسط، المعلومة العلمية باللغة العربية، وأن يكون هذا الكتيب إضافة إلى المكتبة العلمية العربية.

والله ولي التوفيق،،،

المؤلف

د. على عبد العظيم تعيلب

أستاذ باحث متفرغ

المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

مقدمة:

الزلازل والبراكين ظاهرتان قديمتان عرفهما الإنسان منذ خلقة الله وسخر له الأرض لحياته ومعاشة . والزلازل والبراكين من الظواهر الطبيعية التي ترتبط بطبيعة الأرض وتكوينها الداخلي. والزلازل من أقوى الكوارث الطبيعية التي يتعرض لها كوكب الأرض وأعنفها، ينتج عنها إنكسارات في صخور القشرة الأرضية ودمار للوشاح الصخري للأرض يؤثر على سطح الأرض وما عليها من مباني ومنشآت وطرق. ولا يوجد مكان على سطح الأرض غير معرض للهزات الأرضية وإن إختلفت طبيعتها وقوتها وتأثيرها من مكان إلى آخر. وتؤدى الزلازل الكبيرة، خاصة منها التي تحدث قريبا من سطح الأرض ، إلى خسائر فادحة في الأرواح والممتلكات، لما لها من مخاطر عدة نذكر منها:

- إهتزاز سطح الأرض وما عليها نتيجة لمرور الموجات الزلزالية المختلفة في صخور الأرض مما يؤدى إلى إنهيار المباني والمنشآت المقامة عليها إنهياراً تاماً أو جزئيا.
- خسف ورفع سطح الأرض ، حيث يمكن أن يؤثر إرتفاع أو هبوط سطح الأرض على مساحات تتراوح من عدة أمتار إلى مئات الكيلومترات .
- تشقق وتفلق سطح الأرض نتيجة حركة الصدوع النشطة التي يحدث عليها النشاط الزلزالي.
- الانهيارات والانزلاقات الأرضية المصاحبة لحدوث الزلازل ، خاصة في المناطق الجبلية المرتفعة.
- سيولة وإماعة التربة المشبعة بالمياه تحت تأثير الموجات الزلزالية، والتي تؤدى إلى تشوه التربه وحدوث أخطار فادحة في المباني والمنشآت المقامة عليها بسبب الازحات الأفقية والرأسية للتربة.

- الحرائق التي تنشب أثناء وبعد حدوث الزلازل، بسبب أي مصدر من مصادر إشعال الحرائق.
- الطوفانات البحرية (تسونامى) التي تتولد من الزلازل الكبيرة التي يقع مصدرها تحت قيعان البحار والمحيطات وتحدث دماراً شديداً على الشواطئ وخسائر فادحة في الموانى والمدن الساحلية.

والبراكين هي عادة إنفلات وخروج مواد منصهرة، من باطن الأرض إلى سطحها، وهى في درجة حرارة عالية جداً. ويكون خروج المواد المنصهرة مصحوبا إما بإنفجارات عنيفة أو بإنسياب هادئ. وينتج عن النشاط البركاني كوارث بيئية عدة تودي بحياة البشر وممتلكاته، وتتمثل أخطار البراكين فيما يلي:-

- دمار مدن وقرى بأكملها وإندثارها من على سطح الأرض بسبب الطفوح البركانية ودرجة حرارتها العالية وسرعة إندفاعها .
- تدمير ما يصادف الكتل البركانية الصلبة والملتهبة، من مباني ومنشآت وزروع، التي تقذفها البراكين في الهواء بقوة وسرعة عالية.
- تدمير الرماد البركاني الحار للنباتات والمحاصيل الزراعية وتلويث المياه السطحية بالمواد الحمضية بجانب تأثيره الضار على صحة الإنسان والحيوان.
- حدوث فيضانات مائية وطينية وإنزلاقات أرضية تدمر ما تلقاه من مباني وزروع وتدمير الكباري والجسور والمجاري المائية.
- إشتعال الحرائق نتيجة للحرارة العالية للطفوح والمقذوفات البركانية.
- تولد الطوفانات البحرية (تسونامى) نتيجة لانسياب الطفوح البركانية الغزيرة من البراكين التي تحدث أسفل مياه البحار والمحيطات أو على اليابسة بالقرب من الشواطئ.

ونظراً لأن الزلازل والبراكين من المخاطر الطبيعية التي يصعب التنبؤ بحدوثهما إلى حد كبير حتى الآن، خاصة زمن إنطلاقهما، وعلى الرغم من الدراسات والبحوث التي تجرى حاليا للوصول إلى الهدف المنشود، فان التقليل أو التخفيف من مخاطر الزلازل والبراكين هي المسعى الحالي للبشرية.

الزلازل

الزلزلة هي رجات خاطفة سريعة تضرب الأرض وما عليها وتحدث إهتزازات في صخور القشرة الأرضية نتيجة مرور موجات ذبذبية فيها. وتتراوح الزلازل بين الكارثية والمدمرة والمتوسطة والصغيرة. والزلازل الكبيرة محدودة لا يصيب الأرض منها إلا عدد قليل في السنة الواحدة، إلا أنها عند وقوعها فإن آثارها تكون من أكبر الكوارث الطبيعية وأقواها على الإطلاق. ويحدث سنويا على إمتداد الكرة الأرضية نحو مليون هزه ، لا يشعر الإنسان منها الا بنحو الثلث تقريبا، أما أغلبها، الذي لا يحس الإنسان بها ، تسجله فقط أجهزة الرصد الزلزالي.

وتعرف المناطق ، على سطح الأرض، التي تتركز فيها الهزات الزلزالية باسم أحزمة الزلازل، وهى مناطق لها صفات جيولوجية وتركيبية خاصة تتميز عامة بضعف قشرتها الأرضية وكثرة الصدوع والفوالق بها. ويوضح الشكل رقم (١) أحزمة الزلازل الرئيسية على سطح الكرة الأرضية، وهى:

- حزام المحيط الهادي (الباسفيكى) : يمر حول المحيط الهادي ويشمل مناطق جزر اليابان وسواحل روسيا الشرقية - وسواحل شرق آسيا وسواحل غرب الأمريكتين. وهذا الحزام هو أشد أحزمة الزلازل خطورة، ويسمى "دائرة النار"

حـزام جبـال الهيمـالايا : ويشـمل مناطق شـمال الصين والهند وإيران والعراق.

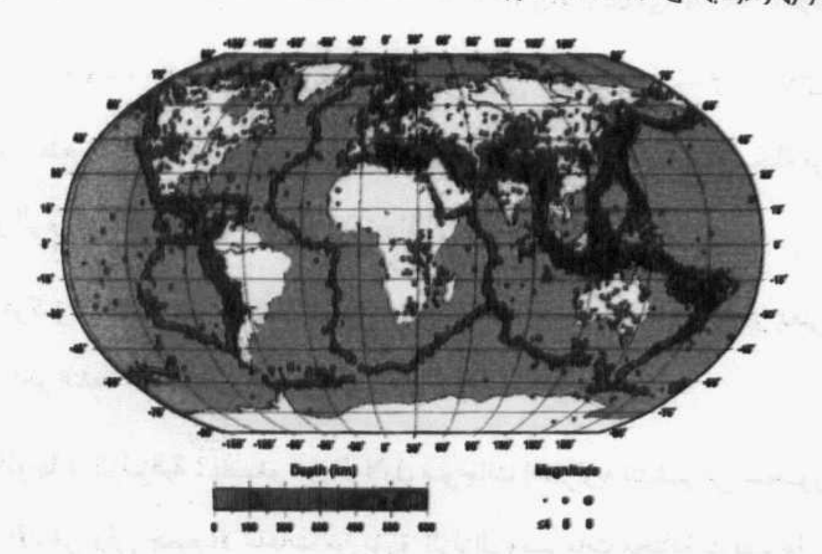
- حـزام جـبـال الألـب : ويشمل مناطق تركيا وجنوب أوروبا (اليونان حتى إيطاليا) ويمتد ليشمل مناطق غرب المغرب.
- حـزام المحـيط الأطلنطي : ويقع وسط المحيط الأطلنطي.
- حـزام شـرق إفـريقـيـا : يمتد عبر أخدود البحر الأحمر شمالا إلى البحر الميت وتركيا، كما يمتد جنوبا إلى الأخدود الأفريقي العظيم.

وتنقسم الأحزمة الزلزالية بدورها إلى ما يزيد عن خمسون نطاقاً زلزاليا. والمدن التي تقع على الأحزمة الزلزالية أو بالقرب منها تعد مدنا منكوبة، حيث تتعرض من حين لآخر للتدمير الجزئي أو الكلى بفعل الزلازل. ويتزايد التأثير التدميرى في هذه المدن إذا لم تراعى القواعد التي تساعد في التخفيف من مخاطر النشاط الزلزالي والتقليل من تأثيره على المباني والمنشآت والبنية الأساسية.

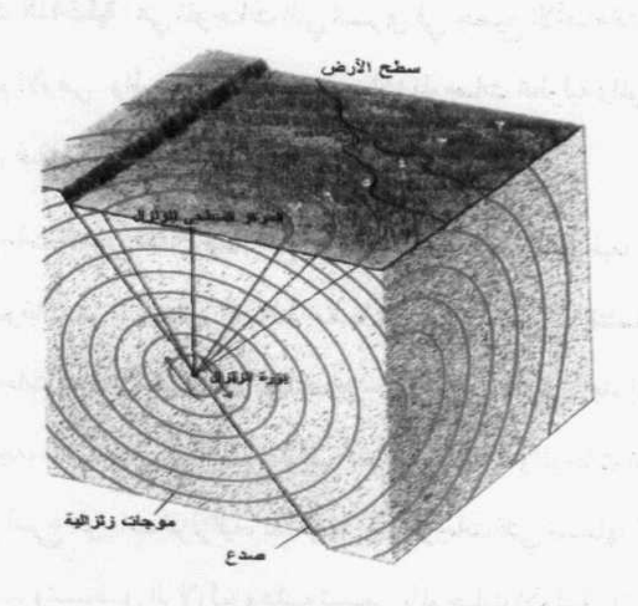
معلومات أساسية عن الزلازل:

١) **بؤرة الزلزال :** هي المكان تحت سطح الأرض الذي تنطلق منه الهزة الأرضية لتنتشر منها الموجات الزلزالية في جميع الاتجاهات (شكل رقم٢). والبؤرة ليست منطقة صغيره محدودة الحجم، حيث أنها في كثير من الحالات تغطى منطقة عريضة الاتساع.

وبـؤرة الزلزال قد تكون على عمق ضحل لا يتعدى عشرات من الكيلومترات ولا يتجاوز ٧٠ كم تحت سطح الأرض، أو عمق متوسط فيما



شكل رقم (١) أحزمة الزلازل الرئيسية وتوزيع النشاط الزلزالي على مستوى الكرة الأرضية .



شكل رقم (٢) بؤرة الزلزال – المركز السطحي للزلزال – شدة الزلزال.

بين ٧٠ -٣٠٠ كم تحت سطح الأرض، أو عمق كبير فيما ٣٠٠-٧٠٠ كم تحت سطح الأرض وهى زلازل قليلة العدد. والزلازل ذات الأعماق الضحلة من أكثر الزلازل خطورة على سطح الأرض والمباني والمنشآت المقامة عليها.

٢) **مركز الزلازل** : هو المسقط الرأسي لبؤرة الزلزال على سطح الأرض أو بمعنى آخر النقطة على سطح الأرض التي تعلو البؤرة (شكل رقم٢).

٣) **الموجات الزلزالية** : يصدر عن الزلازل موجات إهتزازية تنتشر في صخور الأرض وفى جميع الاتجاهات من بؤرة الزلزال وبسرعات مختلفة تتوقف على نوعية الصخور التي تنتشر فيها هذه الموجات . وتنقسم موجات الزلازل إلى نوعين هما الموجات الداخلية والموجات السطحية.

أ) **الموجات الداخلية**: هي الموجات التي تسرى في جميع الاتجاهات داخل جسم الأرض. والموجات الداخلية نوعان: الموجات الطولية والموجات المستعرضة(شكل رقم٣).

- **الموجات الطولية (الأولية)**: هي موجات تضاغطية _ تخلخليه، تحدث تشوهات في الصخور الصلبة عندما تمر فيها. ويسبب إنتشار هذه الموجات إهتزازاً لحبيبات الصخور حول موضعها في إتجاه إنتشار الموجه، لذا تسمى بالموجات الطولية (شكل رقم٣أ). والموجات الطولية هي أسرع الموجات الزلزالية، لذا فإنها أول الموجات التي تسجلها أجهزة رصد وتسجيل الزلازل، وعليه تسمى بالموجات الأولية. وتسرى الموجات الطولية في المواد الصلبة والسائلة والغازية.

- **الموجات المستعرضة (الثانوية):** الموجات المستعرضة يسبب إنتشارها إهتزازاً لحبيبات الصخور في إتجاه عمودي على إتجاه إنتشار هذه الموجات (شكل رقم٣ب). وتنتشر الموجات المستعرضة في الوسط الصلب فقط. وسرعة إنتشار الموجات المستعرضة أقل من سرعة إنتشار الموجات الطولية، لذا يتم رصدها بعد وصول الموجات الطولية، وعليه تسمى بالموجات الثانوية.

ب) **الموجات السطحية** : تتولد الموجات السطحية عند التقاء الموجات الداخلية بسطح الأرض، وتنتشر في الطبقات العليا لسطح الأرض(شكل رقم٤). وتنقسم الموجات السطحية إلى أنواع متباينة في سرعتها وظروف تولدها، أهمها:

- **موجات رايلي:** موجات إهليجية تقهقريه مثل موجات المد والجزر البحرية، تنتشر الطبقات العليا لسطح الأرض (شكل رقم ٤أ).
- **موجات لوف:** تتولد عند سطح الأرض من الموجات المستعرضة، إلا أنها تتذبذب أفقيا فقط (شكل رقم ٤ب). وموجات لوف لا تنتشر فى السوائل مثل الموجات المستعرضة ، وسرعتها أكبر من سرعة موجات رايلي.

٤) **قوة الزلزال:** هي مقدار الطاقة الطاقة المتولدة من الزلزال عند بؤرته، وهى كمية ثابتة تقدر من محطات رصد الزلازل. ويعتبر مقياس ريختر هو أشهر مقياس لقوة الزلزال، وهو مقياس كمي لقوة الزلزال مبني على أساس لوغاريتمي ومقسم إلى عشر درجات لتقدير مقدار الطاقة المتحررة عند بؤرة الزلزال.

٥) **شدة الزلزال:** هي قيمة كيفية لمدى تأثير الزلزال عند مكان ما على سطح الأرض. تتناقص الشدة عامة مع بعد المسافة عن مركز الزلزال وتصل شدة الزلزال أقصاها فوق مركز الزلزال (شكل رقم٢). ويعتبر مقياس مبركاللى المعدل، المقسم إلى ١٢درجه، من أشهر مقاييس شدة الزلازل.

خرائط شدة الزلازل: يتم دراسة آثار الهزات الأرضية على سطح الأرض وما عليها من مباني ومنشآت عند حدوث الزلازل، وينشأ لذلك ما يعرف باسم خرائط توزيع شدة الزلازل حول مركزها السطحي. وتظهر خرائط توزيع شدة الزلزال على هيئة نطاقات حول المركز السطحي للزلزال، حيث تقل الشدة بعيداً عن هذا المركز. ويعتمد توزيع شدة الزلازل وأشكال خرائطه على عوامل عدة منها.

- قوة الزلزال وعمق بؤرته.
- طبيعة الصخور التي يمر فيها الموجات الزلزالية.
- التراكيب الجيولوجية تحت السطحية.
- طبوغرافية سطح الأرض.
- منسوب المياه الجوفية.

لذا تزيد شدة الزلزال في إتجاه معين وتقل في إتجاه آخر. ويوضح الشكل رقم (٥) خريطة توزيع شدة زلزال ١٢أكتوبر ١٩٩٢ الذي ضرب منطقة دهشور جنوب غرب مدين القاهرة.

٦) **أنواع الزلازل:** تصنف الزلازل إلى عدة أنواع تبعا لتوقيت حدوث الزلزال الرئيسي في سلسلة الزلازل التي تحدث في منطقة ما، وذلك على الوجه التالي:

* **زلزال فجائي:** يبدأ النشاط الزلزالي بوقوع هزه فجائية (الزلزال الرئيسي) دون أن يسبقه أو يتبعه أيه هزات.

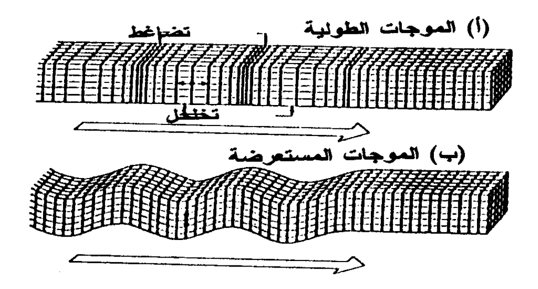
* **زلزال فجائي متبوع :** تحدث هزة فجائية (الزلزال الرئيسي) الغير مسبوق بأية هزات ، لكن يتبعها عدد من الهزات الأقل في القوة والتي تستمر لفترات مختلفة تبعاً لطبيعة الزلزال الرئيسي والمنطقة التي يحدث بها.

* **زلزال مسبوق بمقدمات ومتبوع:** يحدث عدد من الزلازل الضعيفة يليها الزلزال الرئيسي (هزة كبيرة) ويتبعه عدد من التوابع التي تستمر لأيام أو أسابيع أو شهور.

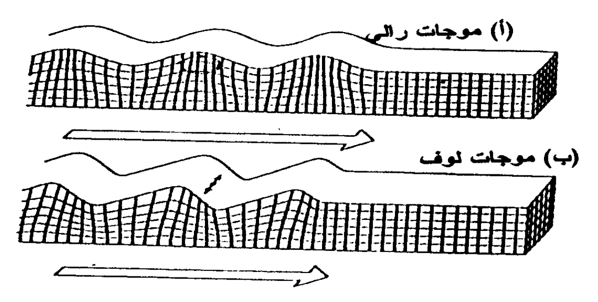
* **زلازل متقاربة القوة:** تحدث مجموعة من الزلازل المتقاربة القوة، يصعب معها التعرف على الزلزال الرئيسي، لذا يطلق عليها (حشد زلزالي).

أسباب حدوث الزلازل:

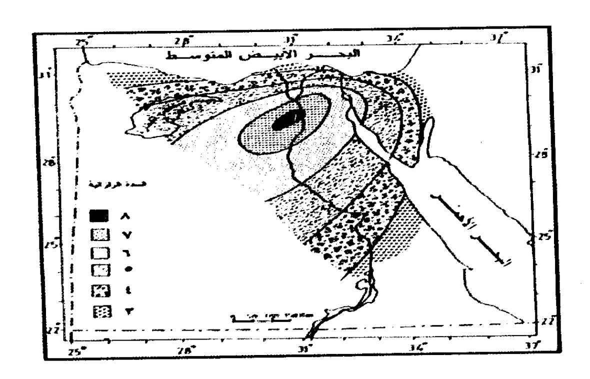
ظل الناس ردحاً طويلا من الزمان يعتقدون في وجود كائن ما يعمل على حفظ توازن الأرض، فإذا ما حدث أن أخذ هذا الكائن قسطا من الراحة - ولو لفترة بسيطة إهتزت الأرض محدثة الزلزال. وقد إختلفت الاعتقادات حول ماهية هذا الكائن، فقد إعتقد اليابانيون القدماء أن هذا الكائن هو عنكبوت ضخم، في حين إعتقد سكان أمريكا الجنوبية أنه حوت كبير، أما في أمريكا الشمالية فقد إعتقدوا أنه مارد عظيم، كما إعتقد البعض أنه قرني ثور ضخم، وإعتقد آخرون أنه ضفدع كبير(شكل رقم٦). وتعنى كل هذه المعتقدات أن الأرض تتحرك عند حدوث الزلزال كوحدة واحدة وهو مخالف للواقع.



شكل رقم (٣) الموجات الداخلية .



شكل رقم (٤) الموجات السطحية .



شكل رقم (٥) توزيع شدة زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢م .

من الدراسات الحديثة تعرف الإنسان على أسباب حدوث الزلازل.. وقسمها إلى نوعين : الأول منها هي الزلازل الطبيعية التي يرجع مصدرها إلى طبيعة الأرض وتكوينها الداخلي والاجهادات المتجمعة في باطن الأرض، والثاني منها هي الزلازل التأثيرية التي تحدث نتيجة للأنشطة الإنسانية على سطح الأرض، وما تؤديه من إخلال للتوازن الطبيعي للأرض يؤدى إلى حدوث نشاط زلزالي.

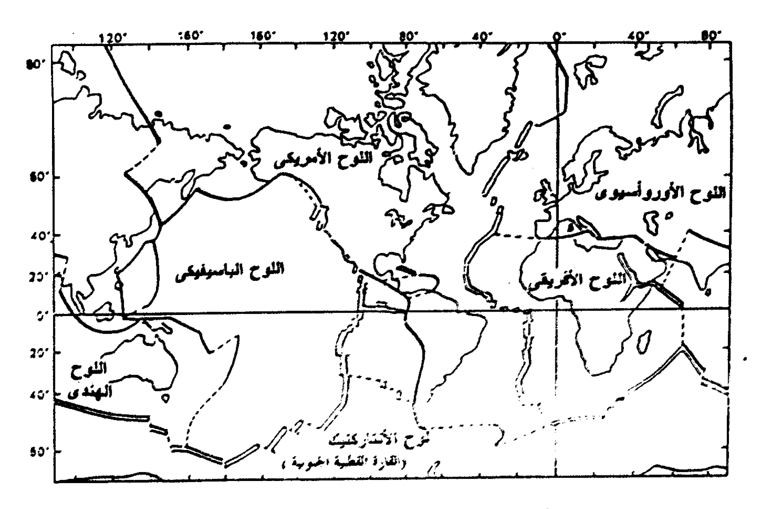
أ) **أسباب حدوث الزلازل الطبيعية:** تحدث الزلازل الطبيعية نتيجة للإجهادات الواقعة على صخور باطن الأرض وتأدبها إلى تجمع طاقة عالية بهذه الصخور، عندما يحدث عدم إتزان بين الطاقة المتجمعة وقدرة صخور باطن الأرض على تحمل هذه الاجهادات تنحدر الطاقة محدثة الموجات الزلزالية ٠ وتحدث الاجهادات في صخور باطن الأرض لعدة أسباب منها:

- التحركات التكتونية للألواح المشكلة للقشرة الأرضية والطبقة العليا من دثار الأرض(الليثوسفير)، (الشكلين أرقام ٧، ٨) .
- عدم تجانس صخور باطن الأرض وقشرتها السطحية ووجود الصدوع والفوالق النشطة بها.
- عدم استقرار سلاسل الجبال المحيطية وعمليات إتزانها البطيئة.
- تيارات الحمل الحراري في صخور باطن الأرض ، (شكل رقم ٩).
- وجود مناطق ضعف في صخور القشرة الأرضية.

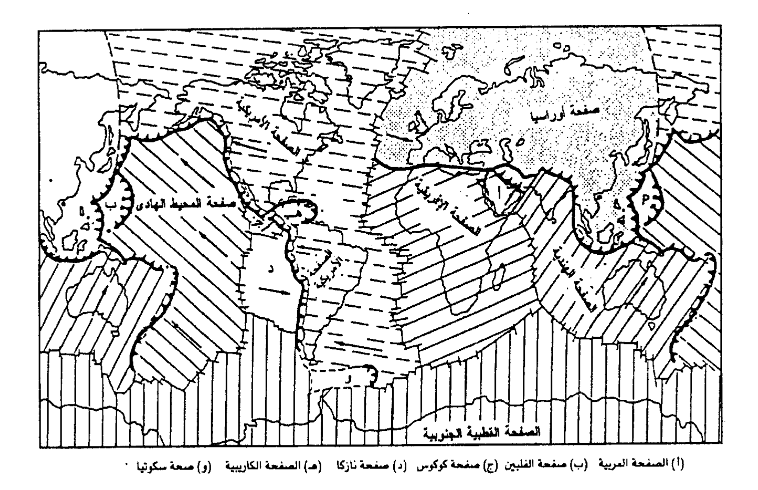
وقد إتفق العلماء على أن النشاط الزلزالي الطبيعي يحدث نتيجة للعمليات الجيولوجية التي تعمل في باطن الأرض، والتي من أهمها تحرك الكتل الضخمة (الألواح) المشكلة لقشرة الأرض والتي ينتج عنها تشكل سطح الأرض وتكون



شكل رقم (٦) أحد المعتقدات عن أسباب حدوث الزلازل .



شكل رقم (٧) توزيع الألواح التكتونية الكبيرة المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير.



(أ) الصفحة العربية (ب) صفحة الفلبين (ج) صفحة كوكوس (د) صفحة نازكا (هـ) الصفحة الكاريبية (و) صفحة سكوتيا .

شكل رقم (٨) توزيع الألواح التكتونية الكبيرة والصغيرة المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير .



شكل رقم (٩) إنتقال الحرارة بين طبقات الأرض بفعل تيارات الحمل وتأثيرها علي الحركة الميكانيكية للأرض.

الصدوع التي تفصل بين هذه الكتل الضخمة. وتتأثر حركة الألواح المشكلة لقشرة الأرض بالطبقة اللدنة المنصهرة جزئياً الموجودة أسفلها (دثار الأرض السفلي). ويعتمد إتجاه حركتها على إتجاه حركة الصدوع المحددة لهذه الكتلة. وتختلف معدلات حركة الألواح المشكلة للقشرة الأرضية من منطقة لأخرى تبعاً للحركة النسبية بين الألواح المتجاورة(شكل رقم ١٠) ، كما تختلف تبعا لنوعية الحركة، حيث تتقارب ألواح وتتباعد أخرى وتنزلق بعض الألواح تحت ألواح أخرى أو تتحرك جانبيا بمحاذاة بعضها البعض. وتعمل حرارة باطن الأرض على حدوث تيارات حمل حراري في صخور دثار الأرض تساعد على حركة الألواح التكتونية وتجمع طاقة إجهاد في صخور القشرة الأرضية والطبقة العليا من دثار الأرض(الليثوسفير) ، (شكل رقم ٩). وتختلف قوى الزلازل التي تحدث على حدود الألواح التكتونية من منطقة إلى أخرى تبعاً لطبيعتها ، ويحدث معظم النشاط الزلزالي على امتداد الحدود بين الوحدات الصخرية(الألواح) المشكلة لقشرة الأرض ومناطق الصدوع النشطة. كما أن هناك إرتباطاً بين النشاط الزلزالي ومناطق سلاسل جبال أواسط المحيط.

ب) **أسباب حدوث الزلازل التأثيرية:** تؤدى بعض الأنشطة البشرية التي تجرى على سطح الأرض إلى حدوث موجات زلزالية تسمى "زلازل تأثيرية" من هذه الأنشطة البشرية ما يلي :

- التفجيرات النووية تحت سطح الأرض .
- إختلال التوازن الطبيعي للأرض بسبب: السحب المفرط للسوائل من باطن أو حقن أو صرف السوائل في باطن الأرض، أو إقتلاع صخور الأرض من المناجم والمحاجر، أو إقامة المنشآت الكبرى.

- بناء السدود العملاقة وتكوين البحيرات الصناعية.

وقد تكون الزلازل التأثيرية كبيرة وكارثية في بعض الحالات.

أخطار الزلازل:

تنحصر أخطار الزلازل فيما يلي:

- إهتزاز سطح الأرض وما عليها مما يؤدى إلى إنهيار المباني والمنشآت المقامة عليها.
- خسف أو رفع مناطق من سطح الأرض.
- تشقق وتفلق سطح الأرض.
- الانهيارات والانزلاقات الأرضية.
- سيولة أو إماعة التربة.
- الحرائق.
- الطوفانات البحرية (تسونامى).

وفيما يلي وصفاً لكل من هذه المخاطر:

١) **إهتزاز سطح الأرض:** يؤدى إهتزاز سطح الأرض إلى انهيار الوشاح الصخري والمباني والمنشآت المقامة عليه إما إنهياراً جزئيا أو تاما ، لذا تحدث أكبر الخسائر في المباني والمنشآت بفعل إهتزاز سطح الأرض الناتج عن مرور الموجات الزلزالية فيها (الشكل رقم ١١) .

وتتوقف شدة إهتزاز سطح الأرض على الطاقة الذبذبية المنطلقة من بؤرة الزلزال، وخواص الصخور التي تمر فيها هذه الموجات الزلزالية ، ونوع التراكيب الجيولوجية ، وعمق بؤرة الزلزال ، وطبوغرافية سطح الأرض. كما تتوقف

المساحة التي تتعرض للدمار بفعل الهزات الزلزالية على إتجاه سريان تمزق الصخور ، حيث تكون الموجات الزلزالية شديدة في إتجاه تمزق الصخور على الصدوع .

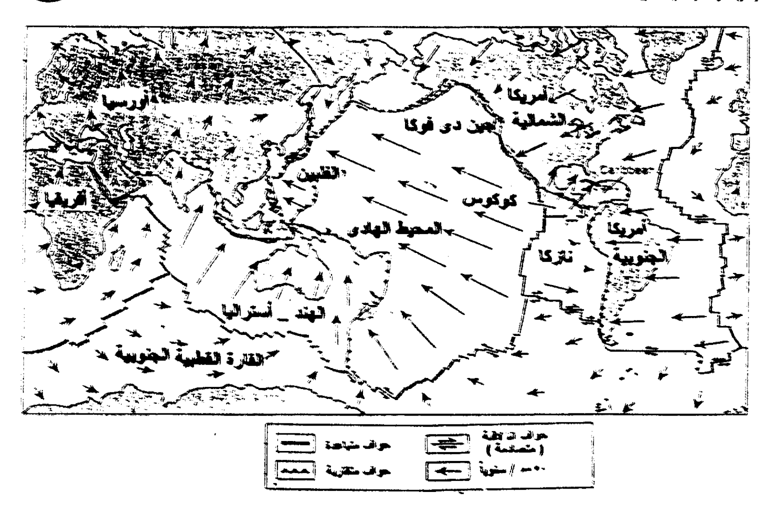
٢) **خسف ورفع الأرض:** قد تسبب الزلازل الكبيرة رفع أو خسف مناطق من سطح الأرض، وقد يحدث الهبوط أو الرفع في مساحات تتراوح بين عدة أمتار مربعة وحتى مئات الكيلومترات (الشكل رقم ١٢) .

٣) **تشقق سطح الأرض:** تعد الصدوع وما تسببه من تشققات لسطح الأرض من أكبر المخاطر الزلزالية المدمرة للمباني والمنشآت وخطوط السكك الحديدية وأنابيب المياه والصرف الصحي المدفونة تحت سطح الأرض.

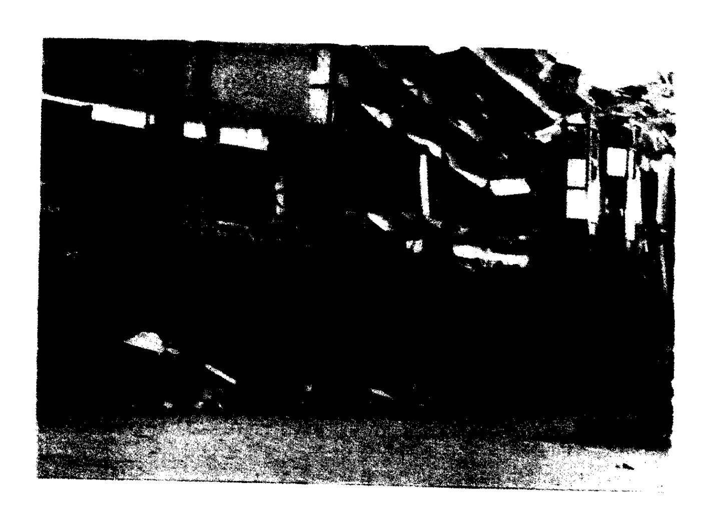
٤) **الانهيارات الأرضية:** قد تسبب الزلازل وقوع إنزلاقات أرضية في مساحات واسعة خاصة في المناطق الجبلية. كما تقع إنهيارات للسفوح حين تندفع الصخور المنزلقة إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية . وتمثل ذلك خطورة كبيرة على التجمعات السكانية التي تقام عادة فوق قمم الجبال أو على سفوحها.

٥) **سيولة أو إماعة التربة:** يقصد بسيولة وإماعة التربة جعلها تسلك مسلك الموائع عند سريان الموجات الزلزالية فيها، ومن ثم تحدث أضراراً فادحة في المنشآت المقامة عليها نتيجة تشوه هذه التربة. وتحدث معظم الأضرار والخسائر الناجمة عن سيولة التربة بسبب الإزاحات الأفقية والرأسية في أساسات المباني، كما تتلف خطوط أنابيب مياه الشرب والغاز والصرف الصحي المدفونة تحت سطح الأرض.

ومن الظواهر الزلزالية التي تحدث في الأرض الرملية عند تعرضها للهزات الأرضية ما يسمى بالبثور الرملية وهي حفر بيضاوية أو دائرية تندفع منها الرمال،



شكل رقم (١٠) الحركة النسبية للصفحات التكتونية المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير محسوبة من القياسات الفضائية وشبكات النظام العالمي للإحداثيات (GPS) .



شكل رقم (١١) الآثار التدميرية لأحد الزلازل .

وأيضـا في الأراضي الطينيـة ما يعـرف ببراكـين الطين (شكل رقم ١٣). فإذا مـا حدثت إحدى هاتين الظاهرتين في طبقة رملية أو طينية تعلوها طبقة أكثر صلابة، فإن الطبقة الصلبة تتكسر إلى قطع يميل بعضها ويرتفع أو ينخفض بعضها الآخر، الأمر الذي يسبب أضراراً فادحة في المباني والمنشآت المقامة فوق هذه الطبقات.

وكما أن لعمق الزلزال دور كبير في الآثار التدميرية على سطح الأرض والمنشآت المقامـة عليها، حيث أنه في حـالة الزلازل الضحلة، ذات البؤر القـريبة من سطح الأرض، تصل الموجات الأولـية والثانوية إلى سطح الأرض وهـى قوية مما يؤدى إلى إهتزاز سطح الأرض بعنف وإلقاء الأرض ما عليهـا من مباني ومنشآت، فإن التربة الطينية والرملية ورواسب الوديان تقوم بتكبير موجات الزلازل التي تمر فيها وحدوث أضـرار كبـيرة بالمبـاني والمنشـآت المقامـة عليهـا على العكس من ذلك تضعف (تقلل) الصخـور الصلبة من شدة الهزات الزلزاليـة ومن ثم تقل الخسائر على المباني والمنشآت المقامة عليها.

٦) **الحرائق** : تعتبر الحرائق الناتجـة عن الزلازل من المخاطر الزلزالية التي قد تفوق في خطورتها ودمارها الدمار الناشئ عن تحرك صخور القشرة الأرضية.

حيث يحدث تحـرك الأرض تحـركاً للمـواقـد وتحطماً لأنابيـب الغاز وقطعـاً أو إرتخاءاً لأسلاك الكهرباء وتلامسها، ومن ثـم نشوب الحرائق التي يزداد إشتعالها ويصعب السيطرة عليها بسبب تحطم خطوط المياه الرئيسية.

٧) **الطوفانات البحـرية (تسونامى)** : تقع بؤر كثـير من الزلازل تحت قـيعان البـحار والمحيطات وبالقرب من شواطئها • نتيـجة لحدوث زلازل كبيرة (أكثر من ٧,٥ درجة على مـقياس ريختـر) تنطلق من هذه البؤر طاقـة زلزالية عاليـة تسرى فى



شكل رقم (١٢) خسف الأرض نتيجة لأحد الزلازل.

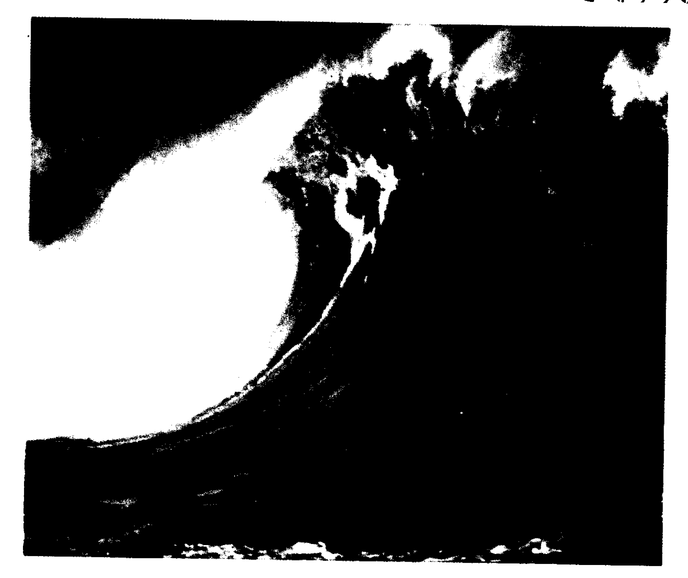


شكل رقم (١٣) براكين الطين .

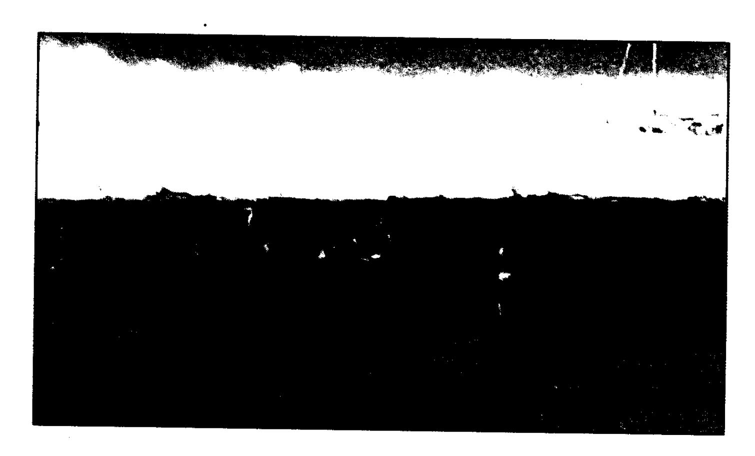
صخور قيعان البحار والمحيطات والمياه فوقها محدثة تحركاً لكتل المياه الضخمة يتولد عنها موجات بحرية ذات سعات طويلة. تسرى هذه الموجات بسرعات عالية وتغطى مساحات من سطح الماء، عندما تقترب هذه الموجات من الشواطئ، حيث المياه الضحلة والميول الشاطئية، تقل سرعتها وتزداد سعتها (الشكلين أرقام ١٤،١٥) وتصطدم بالشواطئ محدثة دماراً شديداً. تدمر هذه الموجات المدن الساحلية وتغرق مساحات شاسعة من الأراضي وتجرف ما عليها إلى عرض البحر، كما تسحب هذه الموجات السفن من الشواطئ إلى عرض البحار والمحيطات مما يؤدى إلى تدميرها وغرقها (الشكل رقم ١٦).

النشاط الزلزالي بالمنطقة العربية:

نظرا لقدم معرفة الإنسان بظاهرة الزلازل الطبيعية، فإن رصد وتسجيل الزلازل تمتد جذوره إلى عبق التاريخ. وينقسم رصد وتسجيل الزلازل إلى حقبتين : الأولى منهما هي الرصد الوصفي للزلازل الذي إمتد حتى أواخر القرن التاسع عشر، على الرغم من المحاولات التي بذلت لرصد وتسجيل الحدث الزلزالي. وفى هذه المرحلة كان يتم وصف الزلزال من ناحية تأثيره على الإنسان وممتلكاته.. وهو ما يختلف من مكان لآخر تبعا لقربه أو بعده عن مركز الزلزال. وطبيعة المنطقة التي تنتشر فيها الموجات الزلزالية. أما الثانية منهما فهي رصد وتسجيل موجات الزلازل بعد التمكن من تصميم أجهزة الرصد الزلزالي وتطويرها وإستخدام طرق متعددة لتكبير الموجات الزلزالية وتسجيلها الموجى والرقمي. وعادة تسمى الزلازل المحققة في الحقبة الأولى بالزلازل التاريخية، أما الزلازل المسجلة في الحقبة الثانية فتسمى بالزلازل المسجلة.



شكل رقم (١٤) طوفان بحري (تسونامي) يشكل حائطاً رأسياً ذو إرتفاع كبير .



شكل رقم (١٥) أمواج الطوفان البحري (تسونامي) تقترب من شاطئ جزيرة سومطرة الإندونيسية .





شكل رقم (١٦) صورة فضائية التقطت لاحدى القرى الساحلية بجزيرة سومطرة الإندونيسية قبل وبعد حدوث كارثتي الزلزال والطوفان البحري .

(أ) قبل حدوث الزلزال والطوفان البحري

(ب) بعد حدوث الزلزال والطوفان البحري

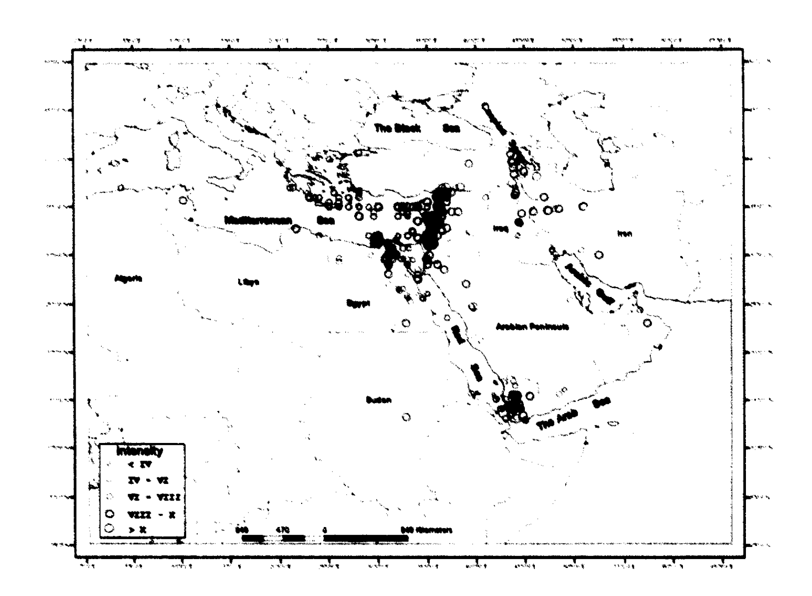
أ) الزلازل التاريخية بالمنطقة العربية:

تعتبر المنطقة العربية من أقدم المناطق التي تواتر (تناقلت) عنها أخبار الأحداث الزلزالية منذ حوالي ثلاثة آلاف سنة قبل الميلاد، حيث حوت كتب التراث العربي الكثير من أخبار الزلازل التي أثرت على العديد من مناطق العالم العربي ٠ وتوضح الخريطة في الشكل رقم(١٧) التوزيع الجغرافي للزلازل التاريخية التي حدثت بالمنطقة العربية والمناطق المحيطة بها. كما يوضح الجدول رقم (١) أهم الزلازل التاريخية التي ذكرها المؤرخون والتي تم إختيارها كأمثلة سواءا لطاقتها التدميرية العالية أو كثرة الضحايا من البشر أو حدوث طوفانات بحرية عاتية (تسونامى) ، أو تأثيرها على مساحات واسعة أو توزيعها الجغرافي.

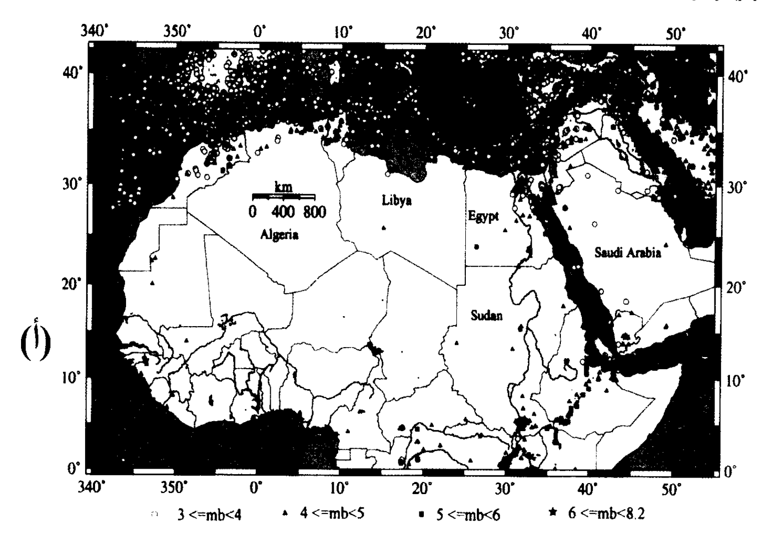
ب) الزلازل المسجلة بالمنطقة العربية (زلازل القرن العشرين):

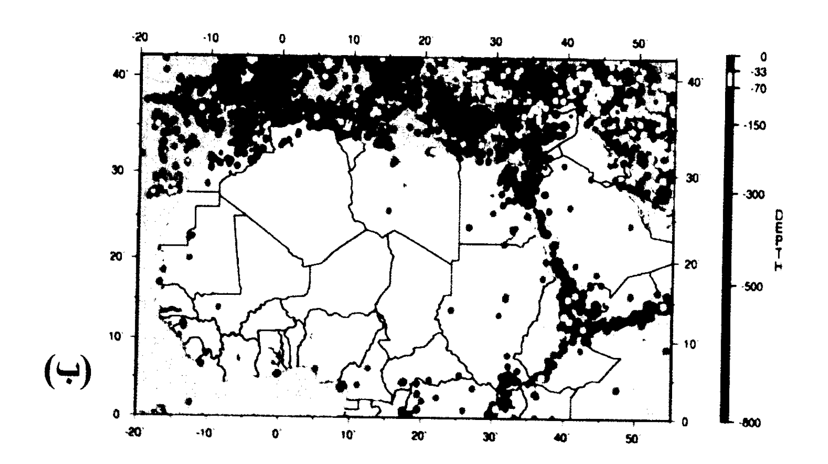
مع بداية القرن العشرين ساعدت أجهزة رصد وتسجيل الزلازل التي تم تثبيتها وتشغيلها في مناطق كثيرة من الكره الأرضية في التعرف على أماكن النشاط الزلزالي بدقة عالية وحساب قوى الزلازل ومراكزها وعمق بؤرها. وتوضح الخريطتين بالشكلين أرقام (١٨أ) و(١٨ب) التوزيع الجغرافي للنشاط الزلزالي بالمنطقة العربية والمنطق المحيطة تبعا لقوى الزلازل وأعماقها على الترتيب. كما يوضح الجدول رقم (٢) أهم الزلازل الحديثة المسجلة التي تم إختيارها كأمثلة سواءاً لطاقتها التدميرية العالية، أو كثرة الضحايا من البشر أو حدوث طوفانات بحرية (تسونامي)، أو تأثيرها على مساحات واسعة، أو توزيعها الجغرافي.

وقد أوضحت بيانات النشاط الزلزالي للمنطقة العربية ، سواءاً التارخي أو المسجل ، وجود تفاوت كبير في الآثار التدميرية للزلازل بالمقارنة بقوتها. فهناك زلازل قوية أحدثت خسائر قليلة وزلازل متوسطة، بل دون المتوسطة، أحدثت



شكل رقم (١٧) التوزيع الجغرافي للزلازل التاريخية التي حدثت بالمنطقة العربية والمناطق المحيطة بها .





شكل رقم (١٨) التوزيع الجغرافي للنشاط الزلزالي بالمنطقة العربية والمناطق المحيطة بها .

(أ) تبعاً لقوى الزلازل

(ب) تبعاً لأعماق الزلازل

جدول رقم (١)

أهم الزلازل التاريخية التي أثرت على المنطقة العربية

العام	مكان الزلزال	عدد الضحايا	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
٢٢٠٠ق.م	تل بسطا (مصر)		٧	تهدمت المعابد وحدثت شقوق في سطح الأرض في دائرة نصف قطرها ٨٠كم.
١١٥م	أنطاكية (الشام)	٢٦٠,٠٠٠	١١	زلزال كارثي مدمر.
٥٣٣م	حلب (سوريا)	١٣٠,٠٠٠		زلزال كارثي مدمر.
٨٤٥م	دمشق أنطاكية (الشام) - الموصل (العراق)	٥٠,٠٠٠	٨	زلزلت دمشق وأنطاكية والموصل زلزله شديدة وتهدمت مباني أنطاكية والموصل بشدة.
٨٥٦م	تونس	٤٥,٠٠٠	٨	إنهارات أرضية دفنت الناس تحت الردم.
٧٩٦م	الإسكندرية (مصر)		٧	زلزال مدمر مركزه البحر المتوسط شمال الإسكندرية، أدي إلى سقوط رأس منارة الإسكندرية وحدثت خسائر في المباني القديمة.
١٠٠٧م	دجلة (العراق)	١٠٠,٠٠٠	٨	زلزال كارثي
١٠٤٢م	إيران - تدمر وبعلبك (الشام)	٥٠,٠٠٠	٩	تركزت معظم الخسائر في سوريا حيث دفن الناس تحت الردم.
١٠٦٨م	الرملة (الشام) ومصر	٢٥,٠٠٠	١٠	زلزال قوي مركزه خليج العقبة أدى إلى خسف الرملة بأسرها ولم يسلم منها إلا القليل. هلكت أيله ومن فيها. أثر على العديد من مباني القاهرة.

تابع الجدول رقم (١)

أهم الزلازل التاريخية التي أثرت على المنطقة العربية

العام	مكان الزلزال	عدد الضحايا	الشدة التقديرية للزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلزال
١١٧٠م	حلب وأنطاكية (الشام)	٨٠,٠٠٠	٩	زلزال قوي. سقطت الدور على أهلها في دمشق وحمص وحلب وحماة وبعلبك وأنطاكية.
١٢٠١م	العراق-الشام-مصر- بلدان أخري	١,١٠٠,٠٠٠	١١	زلزال كارثي مدمر مركزه البحر المتوسط. وصفه المؤرخون بالزلزله العظمى. دمرت مدن وقرى بأكملها وأزيلت من فوق سطح الأرض. أحدث الزلزال طوفان بحري (موجات تسونامي) عاتي في البحر المتوسط.
١٢١٢م	خليج العقبة		٨	زلزال شديد هدم مباني كثيرة في القاهرة (مصر) والعقبة (الأردن).
١٢٥٩م	شمال مصر		٨	زلزال قوي مركزه البحر المتوسط. تسبب في حدوث طوفان بحري (موجات تسونامي) عاتي بالساحل الشمالي لمصر.
١٣٠٣م	مصر		١٠	زلزال مروع، شعر به سكان جميع المدن والقرى المصرية من الإسكندرية إلى الأقصر.
١٤٥٧م	الشام	٣٢,٠٠٠	٨	زلزال عنيف، أثر على سوريا وفلسطين.
١٨١٤م	خليج السويس		٧	زلزال قوي شعر به سكان القاهرة وسيناء. أثر على مآذن الجامع الأزهر
١٨٤٧م	الفيوم (مصر)		٨	زلزال كارثي مدمر، شعر به سكان مصر كلها وأصيبت آلاف المنازل بأضرار كبيرة. تلاه عدد كبير من التوابع.

جدول رقم (٢)

أهم الزلازل الحديثة المسجلة بالمنطقة العربية

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلازل
٦/ ٣/ ١٩٠٠م	خليج السويس (مصر)	٦,٢٠	زلزال قوي مركزه خليج السويس. أثر على بعض المنازل على إمتداد الخليج (الزعفرانة وغارب) والمغارة في سيناء وأدى إلى إنهيارات أرضية. كما أثر على دير سانت كاترين في سيناء.
١١/ ٧/ ١٩٢٧م	أريحا (فلسطين)	٦,٢٥	هزه أرضية راح ضحيتها ٤٠٠ شخص. تهدم عدد من المنازل في فلسطين والأردن.
١١/ ١/ ١٩٤١م	صعده (اليمن)	٥,٨٠	هزة كارثية تبعها عدد من الهزات الخفيفة. تهدم عدد كبير من المنازل بسبب الانزلاقات الأرضية التي أوقعت خسائر كثيرة في الأنفس والأموال. قتل ١٢٠٠ شخص وتضرر من جراء الزلزال مناطق صنعاء حيزان.
٩/ ٩/ ١٩٥٤م	الاصنام (الجزائر)		زلزال كارثي ضرب المدينة ودمر أجزاء كبيرة منها وراح ضحيته ١٦٠٠ شخص.
١٦/ ٣/ ١٩٥٥م	لبنان	٦,٠٠	هزتان متتاليتان أحدثا خسائر بشرية قدرها ٢٨٤ شخص.
١٦/ ٩/ ١٩٥٥م	شرق البحر المتوسط	٦,٨	زلزال قوي شعر به سكان مصر كلها وأحدث دماراً محدوداً في مدن الإسكندرية ورشيد وإدفو ودمنهور والمحمودية وأبوحمص وبعض مناطق أخري من الدلتا. قتل ٢٢ شخصا معظمهم من الرعب.

تابع جدول (٢)

أهم الزلازل الحديثة المسجلة بالمنطقة العربية

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلازل
١/ ٣/ ١٩٦٠م	أغادير (المغرب)	٥,٩٠	زلزال كارثي مدمر أصاب المدن ودمر ثلثها تقريباً. بلغت الخسائر البشرية ١٤,٠٠٠ نفس.
٣١/ ٣/ ١٩٦٩م	جزيرة شدوان (مصر)	٦,٣	زلزال قوي ضرب جزيرة شدوان شمال البحر الأحمر وجنوب خليج السويس. أحدث الزلزال بالجزيرة شقاً طولياً موازياً لاتجاه خليج السويس، وتشققات في التربة لها نفس الاتجاه. ظهرت بعض الشعاب المرجانية فوق سطح المياه. شعر بالزلزال سكان وادي النيل والقاهرة والدلتا. إستمرت توابع الزلزال حوالي شهرين.
١٠/ ١٠/ ١٩٨٠م	الاصنام (الجزائر)	٧,٧٠	زلزال كارثي مدمر راح ضحيته ٥٠٠٠ نفس ونشرد ٩٠٠٠ أخرين. أعقب الزلزال عدد من الهزات اللاحقة. أتلفت البنايات والمنازل في دائرة قطرها ٣٥كم.
١٤/ ١١/ ١٩٨١م	كلابشة جنوب أسوان (مصر)	٥,٦٠	زلزال متوسط شعر به سكان أسوان وعلى إمتداد وادي النيل حتى أسيوط شمالاً. نتج عن الزلزال شقوق كبيرة في صخور الضفة الغربية لبحيرة ناصر، أحدث إنزلاقات أرضية في صخور الضفة الشرقية للبحيرة.

تابع جدول (٢)

أهم الزلازل الحديثة المسجلة بالمنطقة العربية

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلازل
١٣/١٢/١٩٨٢م	صنعاء (اليمن)	٥,٧٠	زلزال كارثي مدمر ضرب منطاق زمار وصنعاء وهز اليمن كلها. قتل نحو ٢٨٠٠ شخص. دمرت العديد من القرى تدميراً كاملاً.
١٢/١٠/١٩٩٢م	دهشور جنوب غرب القاهرة (مصر)	٥,٨٠	زلزال كارثي بؤرته على عمق ٢٥كم، هدم الكثير من المباني القديمة بمدينة القاهرة وبعض محافظات مصر القرية أحدث تلفيات ببعض المباني الحديثة والأثرية. راح ضحية الزلزال ٥٦٠ شخصا وأصيب ١٥٠٠ أخرين بسبب الزعر وتدافع المواطنين والطلبة في المدارس.
٢٢/١١/١٩٩٥م	خليج العقبة	٧,٢	زلزال قوي هز مصر والأردن وفلسطين والسودان. تسبب في تدمير ميناء نويبع وأحد الفنادق وحدوث شقوق في المناطق الصحراوية المحيطة وإنهيارات أرضية وحدوث شروخ في المباني والطرق.
٩/١٠/١٩٩٦م	شرق البحر المتوسط (قبرص)	٦,٢	زلزال قوي مركزه قبرص. شعر به سكان مصر ودول حوض البحر المتوسط. بلغ عدد توابعه ١٥٠ تابعاً في يوم واحد.

تابع جدول (٢)

أهم الزلازل الحديثة المسجلة بالمنطقة العربية

التاريخ	مركز الزلزال	قوة الزلزال	وصف الآثار التدميرية للزلازل
١٨/١١/١٩٩٧م	شرق البحر المتوسط (كريت)	٦,٨	زلزال قوي مركزه جزيرة كريت. شعر به سكان الإسكندرية ومدن وقرى الدلتا حتى القاهرة.
٢٨/٥/١٩٩٨م	مرسى مطروح (مصر)	٦,٠	زلزال قوي مركزه المنطقة البحرية شمال مدينة مرسى مطروح. شعر به سكان مرسى مطروح والإسكندرية ومدن الدلتا حتى القاهرة.
٢١/٥/٢٠٠٣م	بومرديس (الجزائر)	٦,٨	زلزال قوي ضرب منطقة ساحلية شمال شرق الجزائر العاصمة (بومرديس)، بؤرته على عمق ١٠ كم. أدى إلى خسائر جسيمة في الأرواح والممتلكات. بلغ عدد القتلى ١٦٠٠ والجرحى والمصابين حوالي ٧٠٠٠ نفس. صاحب حدوث الزلازل طوفان بحري عاتي (تسونامي) أدي إلى غرق السفن وتدمير المنشآت الساحلية.

دماراً كبيراً. ويرجع ذلك إلى أن الدمار الناتج عن الزلازل يتوقف على عوامل كثيرة متداخلة منها:

- **قوة الزلزال وعمق بؤرته:** حيث أنه على الرغم من أن قوة الزلزال وطاقته المتحررة تعتبر من العوامل الرئيسية المؤثرة والمؤدية إلى الدمار كلما زادت القوة، إلا أن عمق البؤرة يعتبر أيضا عاملا رئيسيا في زيادة الدمار والخسائر خاصة كلما كانت بؤرة الزلزال غير عميقة (ضحلة).

- **إستمرارية الهزة الأرضية:** عامل عظيم التأثير، حيث أنه كلما زاد زمن الهزة الأرضية كلما كان الدمار الناتج عنها كبيراً.

- **طبيعة باطن الأرض التي تنتشر فيها موجات الزلازل:** حيث تختلف سرعات موجات الزلازل باختلاف نوعيات صخور الأرض وصلابتها ومدى تشبعها بالمياه.

- **ملائمة تصميم المباني والمنشآت لتحمل الهزات الأرضية:** حيث أن المباني والمنشآت التي يتم تصميمها لتلاءم طبيعة المنطقة المقامة عليها ومعدل النشاط الزلزالي بها تكون عاملا مساعداً في التقليل من مخاطر الزلازل عن المباني التي لا يراعي في إنشائها طبيعة المنطقة المقامة عليها وطبيعة النشاط الزلزالي المؤثر على هذه المنطقة.

- **نوعية الصخور المقام عليها المنشآت والمباني:** حيث أن التربات الطينية والرملية تقوم عادة بتكبير الموجات الزلزالية التي تمر فيها بخلاف الصخور الصلبة كالجرانيت والبازلت.

ج) الطوفانات البحرية (تسونامي) بالمنطقة العربية :

أفادت بيانات النشاط الزلزالي بالمنطقة العربية، سواءاً التاريخي منها أو المسجل، عن حدوث زلازل قوية في منطقة البحر المتوسط قبالة شواطئ المنطقة العربية تولد عنها ثلاثة طوفانات بحرية عاتية (تسونامي) نقلتها الكتب التاريخية القديمة، وطوفان بحري قوي (تسونامي)تولد نتيجة حدوث زلزال حديث مسجل، هي:

١) طوفان شرق البحر المتوسط عام ١٢٠١م:

إثر حدوث زلزال بحري كارثي في منطقة شرق البحر المتوسط، تولدت أمواج تسونامي في المنطقة العميقة من مياه شرق البحر المتوسط إنتشرت في مياه البحر على إتساعه. عندما إقتربت أمواج تسونامي من الشواطئ في بعض المناطق، تولد عنها طوفانات بحرية دمرت مدنا وقري بأكملها وأزالت بعضها من فوق سطح الأرض وذلك بجنوب أوروبا والشام ومصر. تسبب الزلزال والطوفانات البحرية والحرائق المصاحبة للزلزال في حدوث خسائر بشرية قدرت بحوالي ١,١٠٠,٠٠٠ قتيل.

٢) طوفان جنوب شرق البحر المتوسط عام ١٢٥٩م:

إثر حدوث زلزال بحري قوي في منطقة جنوب شرق البحر المتوسط قدرت قوته بحوالي ٨,٠ درجات على مقياس ريختر، تولد طوفان بحري (تسونامي) أثر على السواحل الشمالية لمصر.

٣) طوفان شمال مصر ١٣٠٣م:

إثر حدوث زلزال بحري قوي، في منطقة الانحدار القاري شمال مصر، قدرت شدته بحوالي ١٠ درجات، تولد طوفان عاتي (تسونامي) ضرب شواطئ مدينة الإسكندرية وأحدث بها دماراً شديداً.

٤) طوفان شمال شرق الجزائر (بومرديس) عام ٢٠٠٣م:

إثر حدوث زلزال قوته ٦,٨ درجة على مقياس ريختر في منطقة ساحلية شمال شرق الجزائر العاصمة (منطقة بومرديس)، بؤرته على عمق ١٠ كم، حدثت خسائر جسيمة في الأرواح والممتلكات بالمنطقة. بلغ عدد القتلى ١٦٠٠ والجرحى والمصابين حوالي ٧٠٠٠ نفس. تولد الزلازل طوفان بحري قوي (تسونامي) أدى إلى غرق السفن وتدمير المنشآت الساحلية.

د) توزيع مناطق النشاط الزلزالي بالمنطقة العربية:

أوضحت بيانات النشاط الزلزالي التاريخي والمسجل (الأشكال أرقام ١٧و١٨) أن النشاط الزلزالي بالمنطقة العربية والمناطق المحيطة بها يتركز في المناطق التالية:

- منطقة جبال زاجروس بحذاء الخليج العربي والحدود العراقية الإيرانية، وتقع هذه المنطقة بين حزام زلازل الهيمالايا وحزام زلازل جبال الألب.
- منطقة شرق وشمال الأناضول وإمتدادها إلى شرق البحر المتوسط، وهي من المناطق عالية النشاط.
- منطقة إمتداد شرق الأناضول جنوباً إلى البحر الميت وخليج العقبة.
- مناطق شمال وجنوب البحر الأحمر والصدع الأفريقي الكبير وهي المنطقة المشكلة لحزام زلازل شرق أفريقيا.
- منطقة خليج السويس والقاهرة الكبري في شمال مصر.
- منطقة إمتداد حزام جبال الألب غرب البحر المتوسط.
- منطقة شمال غرب أفريقيا (جبال أطلس) وتشمل شمال الجزائر والمغرب.
- منطقة شرق المحيط الأطلنطي وتشمل جنوب شبه جزيرة أيبريا والمنطقة البحرية غرب المغرب.

التخفيف من أخطار الزلازل:

نظراً لأن الزلازل من المخاطر الطبيعية التي يصعب التنبؤ بحدوثها حتى الآن، خاصة إستحالة التنبؤ بزمن حدوثها، على الرغم من إمكانية تحديد أماكن وقوعها وتقدير قوتها المحتملة، ونظراً لما تسببه الزلازل من خسائر فادحة في الأرواح والممتلكات، فإن التخفيف من مخاطرها والتقليل من آثارها هو السبيل الأمثل أمام البشرية في الوقت الحالي. للتخفيف من أخطار الزلازل والتقليل من آثارها يلزم إجراء العديد من الدراسات على طبيعة مناطق النشاط الزلزالي بإجراء تحليل لبيانات الزلازل التاريخية والمسجلة والبيانات الجيولوجية المتاحة والتحركات الأرضية المصاحبة للنشاط الزلزالي. وتشمل هذه الدراسات ما يلي:

- تحديد النطاقات الزلزالية وإنشاء خرائط الشدة الزلزالية.
- دراسة طبيعة إنتشار موجات الزلازل في صخور الأرض ومدى تأثيرها على المباني والمنشآت المقامة عليها.
- دراسة معدلات التحركات الأرضية المصاحبة للنشاط الزلزالي ومدى تأثيرها على المباني والمنشآت.
- إنشاء مباني مقاومة للزلازل، لكل منطقة تبعا لطبيعتها، وعمل كود إنشائي للمباني والمنشآت.
- المعاملة الإنشائية الخاصة للمباني ذات الأهمية الاقتصادية والإستراتيجية.

١) **تحديد النطاقات الزلزالية وانشاء خرائط الشدة الزلزالية:** تعرف خرائط النطاقات الزلزالية أو المخاطر الزلزالية بالخرائط التي تقسم مناطق الكرة الأرضية إلى نطاقات زلزالية متفاوتة الشدة تبعا لتأثرها بالنشاط الزلزالي. ويستخدم لإنشاء هذه الخرائط بيانات التاريخ الزلزلي القديم والحديث لمناطق النشاط الزلزالي

وجيولوجيتها السائدة. ويلزم أن يؤخذ في الاعتبار عند إنشاء خرائط الخطورة الزلزالية جميع العوامل التي لها دور مماثل في تقوية أو إضعاف شدة الهزات الأرضية، ومنها:

- الوضع الجيولوجي التركيبي للمنطقة، ونوع التراكيب الجيولوجية السائدة مثل الصدوع والطيات...الخ.
- نوع الصخور السائدة في المنطقة وطبوغرافيتها.
- مستوى المياه الجوفية.
- معدلات تحركات القشرة الأرضية الأفقية والرأسية.

ولتحديد النطاقات الزلزالية أهمية كبيرة في حساب أكواد الزلازل ومعامل الأمان الزلزالي وتصميم المباني والمنشآت التي تتلاءم نوعيتها مع طبيعة المنطقة التي ستقام عليها، تساعد في التقليل من مخاطر النشاط الزلزالي. وتمثل الخريطة بالشكل رقم (١٩) المخاطر الزلزالية للمنطقة العربية وما حولها .

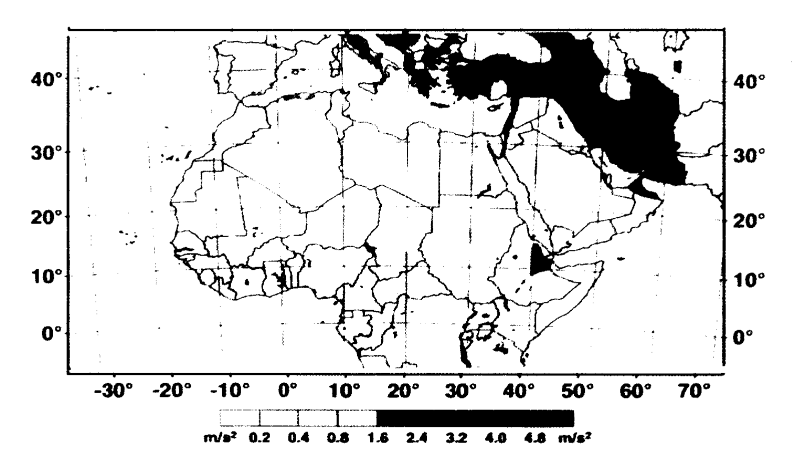
٢) **دراسة طبيعة إنتشار موجات الزلازل في صخور الأرض:** تحدث أكبر الخسائر في المباني والمنشآت من إهتزاز سطح الأرض الناتج عن مرور موجات الزلازل في صخور الأرض. وتزداد الخسائر عادة في المناطق ذات المباني والمنشآت القديمة أو غير جيدة التصميم والإنشاء، ومن ثم فإن التصميم والإنشاء الجيد للمباني في المناطق المتأثرة بالنشاط الزلزالي يقلل من الخسائر التي تنجم عن الزلازل. ولعمل تصميم جيد للمباني والمنشآت فإنه يلزم دراسة طبيعة إنتشار الموجات الزلزالية في صخور الأرض، خاصة القشرة الأرضية، والتغيرات الفيزيائية لصخور الأرض التي تصاحب إنتشار موجات الزلازل، والتغير في سرعات الموجات الزلزالية عند مرورها

في صخور الأرض المختلفة، ومدى تحمل نوعيات الصخور المختلفة للأرض للإجهادات الواقعة عليها، ودراسة مدى تأثير هذه الظواهر الطبيعية على المباني والمنشآت المقامة على سطح الأرض.

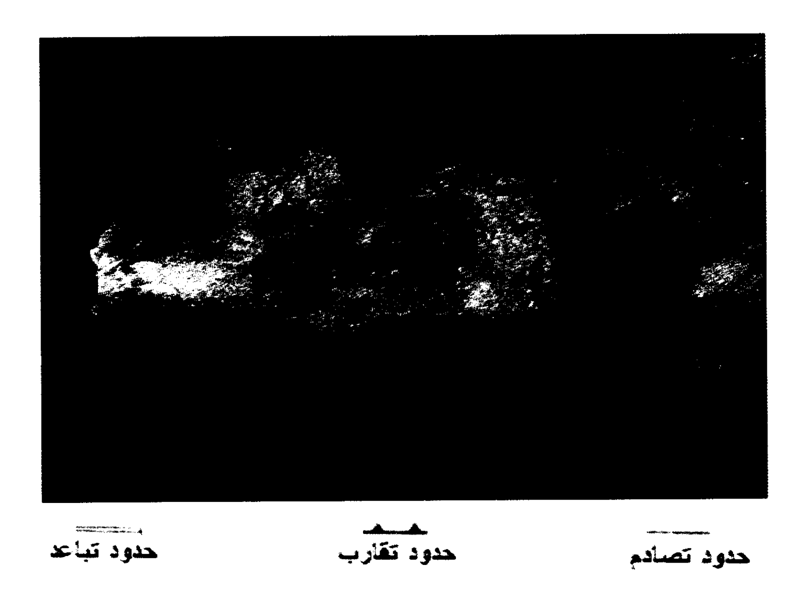
ولهذه الدراسات مجتمعة أهمية كبيرة في التعرف على مناطق النشاط الزلزالي والمناطق المحيطة بها. وتساعد نتائج هذه الدراسات في إختيار الأسلوب الجيد لتصميم وإقامة المباني والمنشآت بالمناطق المختلفة حسب طبيعتها وذلك للتقليل من مخاطر الزلازل على هذه المباني والمنشآت.

٣) **دراسة معدلات التحركات الأرضية المصاحبة للنشاط الزلزالي:** يعتبر دراسة وحساب معدلات التحركات الأرضية المصاحبة للنشاط الزلزالي، سواءاً التحركات الأفقية أو الرأسية، ذات أهمية كبيرة في العمل على التقليل من مخاطر النشاط الزلزالي، حيث أن الطاقة الحركية التي يحدثها إنتشار موجات الزلازل في صخور الأرض تؤدي إلى حدوث تشوهات في هذه الصخور. هذه التشوهات يمكن رصدها على سطع الأرض على المستويات القارية والإقليمية والمحلية بإستخدام طرق جيوديسية أرضية وفضائية دقيقة، ويستفاد منها في حساب معدلات الحركة النسبية بين الألواح المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير.

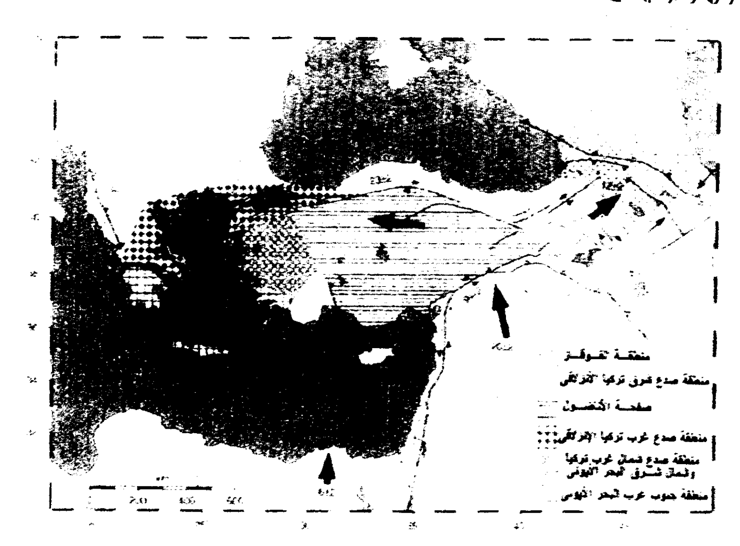
وتوضح الأشكال أرقام (٢٠) و(٢١) و(٢٢) حدود الألواح التكتونية المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير بالمنطقة العربية والمناطق المحيطة ، ومعدلات الحركة النسبية الحديثة للقشرة الأرضية بمنطقة شرق البحر المتوسط ، ومعدلات الحركة النسبية الحديثة للقشرة الأرضية بالمنطقة العربية والمناطق المحيطة بها على الترتيب. وهذه التحركات الموضحة لا تغني عن حساب معدلات التحركات الأرضية في المناطق المحلية المختلفة، خاصة المناطق التي يجري التخطيط لإقامة مباني ومنشآت بها.



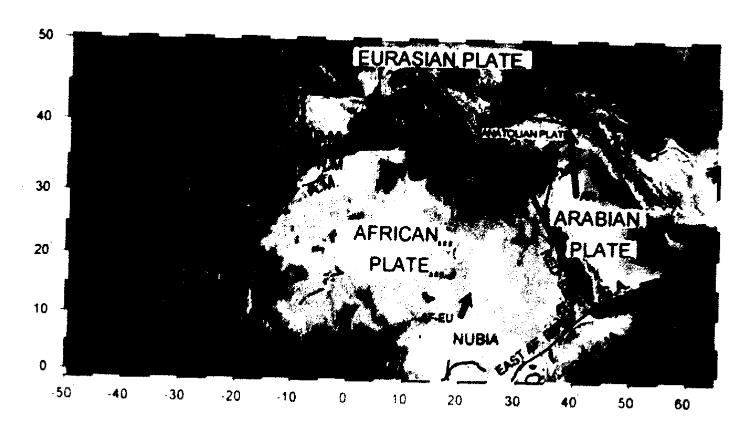
شكل رقم (١٩) خريطة المخاطر الزلزالية للمنطقة العربية والمناطق المحيطة .



شكل رقم (٢٠) حدود الألواح المشكلة للقشرة الأرضية والليثوسفير بالمنطقة العربية والمناطق المحيطة .



شكل رقم (٢١) معدلات الحركة النسبية الحديثة للقشرة الأرضية والليثوسفير بمنطقة شرق البحر المتوسط محسوبة من القياسات الجيوديسية الفضائية .



شكل رقم (٢٢) معدلات الحركة النسبية الحديثة للقشرة الأرضية والليثوسفير بالمنطقة العربية .

وتفيد معدلات التحركات الأرضية الأفقية والرأسية المحسوبة على المستويات الإقليمية والمحلية في التصميم الجيد للمباني والمنشآت تبعاً لطبيعة التحركات الأرضية في المناطق المختلفة ومعدلاتها ونوعيتها، مما يساعد في التخفيف من آثار الزلازل والتحركات الأرضية المصاحبة لها.

٤) **إنشاء مباني مقاومة للزلازل**: عند حدوث الزلازل، تقع معظم الخسائر البشرية والمادية نتيجة لتهدم المباني والمنشآت المقامة على سطح الأرض، بسبب إهتزاز سطح الأرض وما عليها نتيجة لمرور موجات الزلازل في صخور الأرض وما عليها من مباني ومنشآت. ويكون الدمار كبيراً في الحالات التالية:

- حدوث زلازل قوية (ذات طاقة تدميرية عالية) .
- حدوث زلازل ضحلة (ذات بور قريبة من سطح الأرض).
- طول أمد الهزة الأرضية وتكرارها.
- كبر سعة الموجات الزلزالية، خاصة في المناطق الرخوة كالتربة الرملية والطينية.

وأشكال الدمار الذي يحدث للمباني والمنشآت متعددة، من صورها. على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي:

- تشقق حوائط المباني وتصدعها بسبب تشوه التربة.
- إعوجاج المباني العالية والأبراج بسبب التحركات الأرضية الأفقية والرأسية.
- إنهيار المباني المقامة فوق قمم الجبال وعلى سفوحها نتيجة للانزلاقات الأرضية.
- ميل المباني وإنقلابها نتيجة لهبوط وتسيل التربة.
- إنبعاج خطوط السكك الحديدية، والحركة الإزاحية للطرق، وسقوط الكباري نتيجة لتشوهات التربة.

- إنهيار كلي للمباني والمنشآت بسبب خسف أو رفع سطح الأرض.

- تدمير المباني القريبة من الشواطئ بفعل الطوفانات البحرية.

- نشوب حرائق مصاحبة للانهيارات التي تحدث بالمباني والمنشآت.

ويمكن التقليل من الخسائر البشرية والمادية التي تحدث بسبب الزلازل، إلى حد كبير، إذا ما تم تصميم وإنشاء مبان ومنشآت مقاومة للزلازل. ويتأتي ذلك من خلال الاستفادة من البيانات الزلزالية والدراسات السابق الإشارة إليها ومن خلال دليل إنشائي (كود زلزالي) مناسب لكل منطقة حسب طبيعتها. وأن تأخذ الأكواد المحسوبة في إعتبارها التحركات الأرضية الأفقية والرأسية المصاحبة لحدوث الزلازل بجانب العناصر السابق ذكرها.

٥) المعاملة الإنشائية الخاصة للمباني ذات الأهمية الاقتصادية والإستراتيجية:

لحماية المباني ذات الأهمية الاقتصادية والإستراتيجية من الآثار السلبية للزلازل يلزم معاملتها من ناحية التصميم والإنشاء معاملة خاصة دون سائر المباني والمنشآت. ويتأتي ذلك من خلال دراسات تفصيلية ودقيقة تشمل كل العناصر السابق ذكرها ، تجرى على الموقع أو المواقع المقترحة لإجراء هذه الإنشاءات، وحساب معاملات خاصة لكل منشأ تبعا لطبيعته. وقد يستلزم الأمر في بعض الحالات إجراء مزيد من الدراسات على مناطق الإنشاءات مع كل مرحلة من مراحل البناء ، خاصة حساب معدلات التحركات الأرضية المصاحبة لأعمال البناء سواءاً منها التحركات الأفقية أو الرأسية (معدلات الهبوط).

البـــراكيـــن

يقتـرن النشاط البركاني عـادة بانفلات وخروج مواد منصـهرة من باطن الأرض إلى السطح وهي في درجة حرارة عالية جداً، ويكون خروج المواد المنصهرة مصحوبا إما بانفجـــارات عنيـفـة أو بانسياب هادئ، وكلمة بركان مصطلح يطـلق على فتحه أو شق في قشرة الأرض، تخـرج منها مواد منصهـرة وأبخرة وغازات وخلافـه، كما يطلق على المخـروط الذي يتكون من الحـمم الطافحـة من فوهة البـركان في غـالبيـة الأحـــوال.

ويوجـد على يابسـة الأرض ما يزيد عـن ٥٠٠ بركان نشط، بـخلاف البـراكين الموجودة أسفل المحيطات (شكل رقم ٢٣)، وحـوالي ٢٠٠٠ بركان خامد، حيث أنه ينشـأ على سطح الأرض براكين جـديدة وتخمـد أخرى. وينـحصـر معظم النشـاط البـركـاني على اليـابسـة بـامـتداد حـدود الألـواح المشكلة لقـشـرة الأرض وطبـقـة الليثـوسفيـر، والبعض الآخـر يوجد في مناطق ضعف فـي القشرة الأرضـية، داخل الألواح التكتـونية، مـحكومة بوجـود صدوع وفـوالق نشطة أو شقـوق عمـيقـة. أما البراكين الموجـودة أسفل المحيطات فـيغلب إنتشـارها حول حدود الألواح المحـيطية وسلاسل جبال قيعان المحـيطات ، وحدود إلتقاء الألواح المحيطية مع الألواح القارية خاصة في مناطق الأرخبيلات.

أسباب حدوث البراكين:

يرجع حـدوث النشــاط البركـاني إلى عـوامل طبـيعـيـة في باطن الأرض، هذه العوامل هي التي تؤدي إلـى حدوث الزلازل والبراكين، حـيث أن الزلازل والبراكين مرتبطان ببعضهما البعض من حيث النشأة.

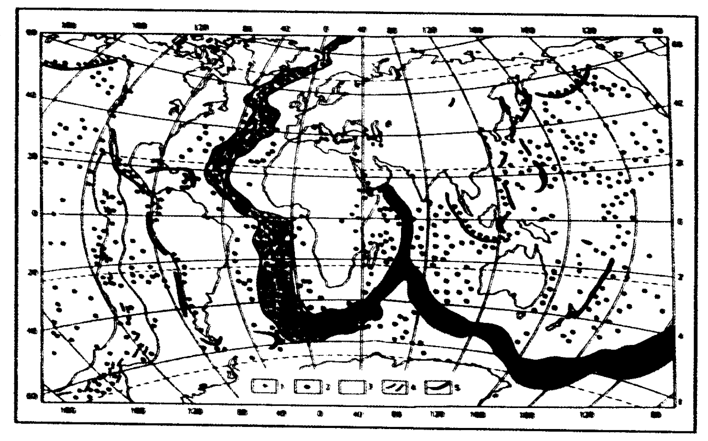
بتكون الصهـر (الماجما) في باطن الأرض عندمـا تتعرض عبـاءة الأرض السفلى (طبقة الأثينوسفيـر) للحرارة، التي تعمل على صهر صخورها وتقليل لزوجتـها نتيجة للفيض الحراري الأرضي والتـوصيل والتدرج الحراري. ويعـد الحمل الحراري (شكل رقم٩) هو الوسيلة الأساسية لانتقال الحرارة عبـر المواد المنصهرة، حيث يتحرك الصهير في تيارات حمل أسفل عباءة الأرض العليا (طبقـة الليثوسفير) الصلبة. وتتولد الحرارة التي تعمل على صهر صخور عباءة الأرض السفلى عن عدة مصادر هي:

- تحلل العناصر المشعة الموجودة طبيعيا في صخور عباءة الأرض في حالة غير مستقرة.
- إحتكاك الألواح والكتل الصخرية المشكلة للقشرة الأرضية وعباءة الأرض العليا (الليثوسفير).
- الطاقة الحرارية الأرضية الناتجة عن وجود لب الأرض الخارجي في حالة منصهرة.

يعمل الضـغط المتزايد داخل باطن الأرض والحرارة المرتفـعة على تمدد الصهـير والغازات المصاحـبة له وإندفاعها لأعلى تجاه المـناطق الضعيفة في القشـرة الأرضية، مـثل حـدود الألواح المشكلـة لقـشـرة الأرض والصـدوع والشـقـوق المؤثرة عليـهـا (الأشكال رقم ٢٤و٢٥) وخروجـها إلى سطح الأرض على هيئـة براكين أو طفوح بركانـية . ويصاحب خـروج الصهـير (الماجـما) عـادة خروج غازات وأبخـرة تدفع الصهير بقوة إنفجار عالية.

ويأخذ صهير الماجما، تحت سطح الأرض، عدة أشكال منها:

- غرف (مـخازن) الصهـير التي تمتد لأكـثر من ١٠٠ كيلـو متر ويصل سـمكها في بعض الأحيان إلى ٢٠٠ كيلو متر (شكل رقم ٢٥).
- زهور عباءة الأرض الأقل إتساعاً وسمكا عن غرف الصهير.
- القواطع التي تنتج عن إندفاع الصهير لأعلى في إتجاه سطح الأرض.



١ - براكين على اليابسة
٢ - براكين حواف البحار والمحيطات
٣ - سلاسل قيعان المحيطان
٤ - براكين قاع المحيطات
٥ - أخاديد وأرخبيلات

شكل (٢٣) التوزيع الجغرافي للبراكين على سطح اليابسة وقاع المحيطات .



شكل رقم (٢٤) صعود صهير الماجما إلى فوهة البركان .

أنواع البراكين:

تصنف البراكين تبعا للمكونات الكيميائية للمواد البركانية ونواتجها أو حجمها أو شكلها أو طبيعتها. كما تصنف البراكين أيضا تبعا لنشاطها أو موقعها الجغرافي.

١) **تصنيف البراكين تبعا لنشاطها:** صنف العلماء البراكين تبعا لنشاطها إلى ثلاثة أنواع هي:

أ) **براكين هامدة أو خامدة:** وهي البراكين التي توجد عنها شواهد جيولوجية تؤكد بركانيتها خلال عصر ما من العصور الجيولوجية أو أكثر من عصر جيولوجي، لكن هذه البراكين لم يعرف لها نشاط خلال التاريخ الإنساني. وعموما تطلق صفة "الخمود" على البركان إذا ظل بلا إنفجار أو ظهور أية مؤشرات بركانية من فوهته لفترة طويلة.

ب) **براكين هادئة أو ساكنة:** وهي البراكين التي تثور بين الحين والحين، وقد تصل فترات هدوئها إلى مئات أو آلاف السنين قبل أن تعاود نشاطها مرة أخرى.

ج) **براكين نشطة:** وهى براكين في حالة نشاط مستمر أو شبه مستمر، أو إنفجرت منذ وقت قريب، أو تكون عرضة للانفجار في أي وقت، وهى التي يبلغ عددها حاليا ما يقرب من ٥٠٠ بركان أرضي نشط وعدد أخر من البراكين تحت مياه المحيطات.

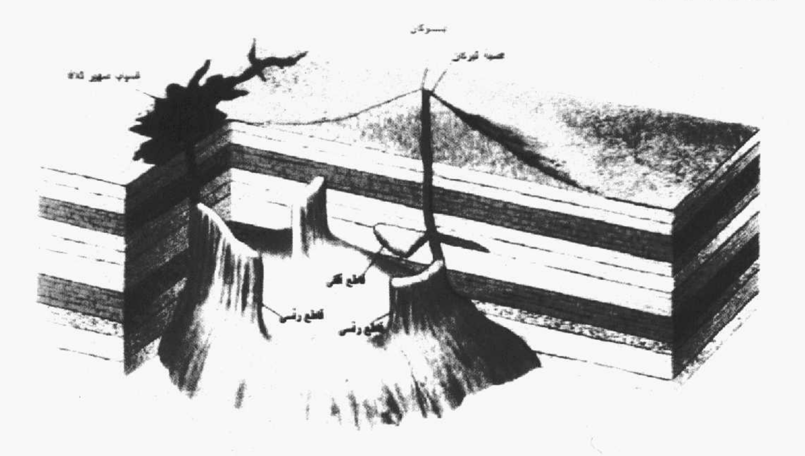
٢) **تصنيف البراكين تبعا لنوع وطبيعة البركان:** صنف العلماء البراكين تبعا لنوعها وطبيعتها إلى خمسة أنواع هي:

أ) **البراكين المخروطية أو الفوهيه:** هذا النوع من البراكين هو عبارة عن جبال مخروطية الشكل تتوسطها فوهة البراكان التي تتسع عند ثورة البركان وتأخذ شكلا مخروطيا يسمى "قمع الفوهة"، ويصلها بمجمع الصهير الحار داخل باطن الأرض أنبوب بركاني طويل يسمى "قصبة البركان" وهى التي تغذي البركان بالمواد المنصهرة (شكل رقم ٢٦). والصهير البركاني الذي يرتفع عبر القصبة البركانية يعرف باسم "ماجما"، ولكن بعد طفحه عبر القصبة البركانية وإنسيابه على سطح الأرض يسمى "لا_ا" (شكل رقم ٢٧). وفي كثير من الأحيان تندفع الحمم البركانية لأعلى من فوهة البركان مكونة نافورات من الحمم (شكل رقم ٢٨).

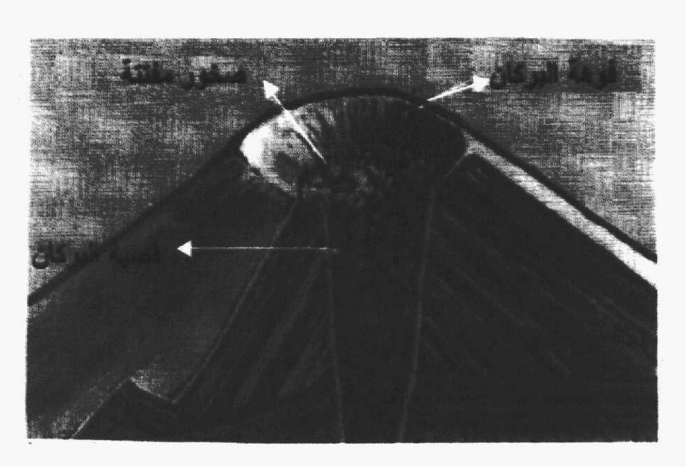
وتتكون التلال البركانية المخروطية نتيجة لتتابع ثورة البركان، حيث تنساب الطفوح البركانية على هيئة مخروط وتبرد وتتصلب قبل الثورة التالية للبركان كما تتساقط المكونات البركانية المنطلقة من فوهة البركان مكونه المخروط البركاني حول الفوهة.

ب) **البركين المركبة:** براكين مخروطية الشكل حادة الميول، تتكون من طبقات متبادلة من الطفوح (لافا) والمكونات (كتل وتراب بركاني) البركانية. لغالبية هذه البراكين فوهة بركانية في القمة، كما أن لهـا قصبة بركانية متوسطة ينساب عبرها الصهير البركاني من مخروط الصهير إلى السطح. كما أن لبعضها عدد من الفوهات البركانية.

ج) **البراكين الحوضية أو سلاسل البراكين:** يتكون هذا النوع من البراكين غالبا من طفوح بركانية (لافا) متتابعة في جميع الاتجاهات، تصدر عن أنبوب بركاني مركزي (قصبة بركانية) أو مجموعة من الأنابيب البركانية التي تكون إمتداداً مخروطياً مائلا بحيث تشكل سلسلة من البراكين.



شكل رقم (٢٥) كتلة كبيرة من الماجما تشكل المصدر الرئيسي للبركان (مخزن الصهير) .



شكل رقم (٢٦) التركيب الداخلي لمخروط البركان .



شكل رقم (٢٧) انسياب الطفوح البركانية (لافا) على سطح الأرض .



شكل رقم (٢٨) الحمم المتصاعدة من فوهة البركان .

د) **براكين قباب الطفوح البركانية:** تتكون من تلال من الكتل الصغيرة التي تقع على العنق البركاني وتنمو وتمتد على شكل قبة يبرد سطحها الخارجي ويتصلب (شكل رقم ٢٩). ويساعد على تكون هذا النوع من البراكين لزوجة الحمم التي تحد من تدفقها وأيضا قلة الغازات التي تحملها، مما يؤدي إلى تكونها على هيئة "قباب".

هـ) **براكين الشقوق:** هي عبارة عن شقوق أو كسور عميقة في القشرة الأرضية تصل في عمقها حتى صهر الماجما. ويعتبر هذا النوع من البراكين أقل ثورة وأهدأ نسبياً عن الأنواع السابقة. وعادة ما تثور هذه البراكين دون إنفجارات، ويندلع منها كميات هائلة من الطفوح البركانية. وبراكين الشقوق لا يتكون عنها مخروطات أو أقماع بركانية، إنما ينتج عنها مسطحات شاسعة من الطفوح البركانية.

نواتج البراكين:

تحتوى نواتج الانفجارات البركانية عادة على مواد صلبة ومواد سائلة وغازات.

١) **المواد الصلبة:** تنتج عن الطفوح البركانية المتصلبة في الجزء العلوي من القصبة البركانية وفوهته نتيجة لثورة البركان السابقة. عندما تحدث الثورة التالية للبركان تخرج نواتج صلبة في أحجام مختلفة، تتراوح بين الغبار الدقيق والكتل الضخمة من المقذوفات البركانية التي تزيد الوحدة منها عن الطن أو أكثر . وتصنف المواد البركانية تبعا لأحجامها كما يلي:

ب) **الكتل والقنابل البركانية:** هي مواد صلبة تخرج من فوهة البركان، ويقذف بها في الهواء عقب الانفجاريات الهائلة التي تصاحب ثورة البركان. وقد يصل

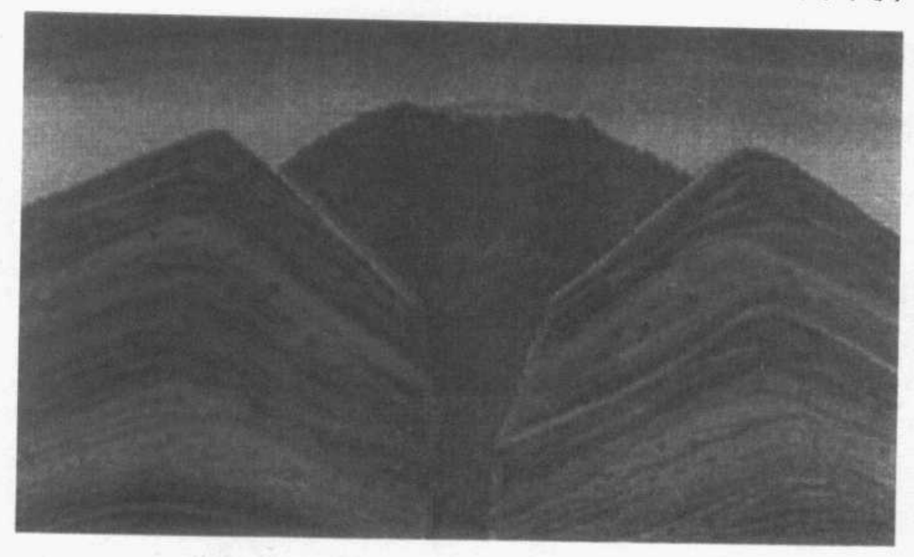
حجم المقذوفات البركانية إلى حجم جوز الهند أو كتل كبيرة تصل إلى عدة أطنان (شكل رقم ٣٠). وتنطلق المقذوفات البركانية من قصبة البركان وفوهته بقوة وسرعة عالية تحت تأثير الأبخرة والغازات. وبعض المقذوفات البركانية تقذف وهى في حالة سائلة وتتصلب في الجو وتأخذ الشكل البيضاوي نتيجة لحركتها في الجو وتأخذ الشكل البيضاوي نتيجة لحركتها في الجو ، وتسمى بالقنابل البركانية.

ج) **الحجر البركاني:** هي جسيمات تتراوح أقطارها ما بين ٢٣مم و٤سم وتتحرك بسرعة كبيرة تؤدى إلى إكتساح ما يصادف طريقها وتدميره.

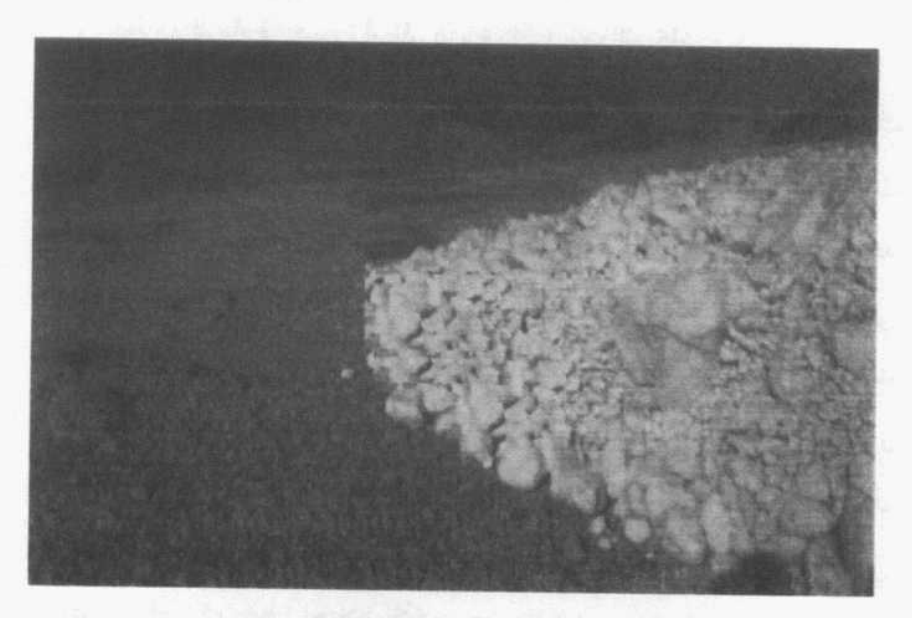
د) **الرماد البركاني:** الرماد البركاني عبارة عن مواد معدنية تخرج من البراكين على شكل ذرات دقيقة صلبة تندفع لأعلى في إتجاه عمودي مع الغازات والأبخرة تحت تأثير الضغط الشديد، وتنتشر في الجو وتحملها الرياح إلى مسافات بعيدة مثل هبوطها إلى سطح الأرض (شكل رقم ٣١).

والرماد البركاني الحار المتصاعد من البركان إلى الغلاف الجوى يمكن أن يغطى مساحات واسعة من الأرض، ويتسبب في دفن المدن والقرى وتدمير النباتات والمحاصيل الزراعية وتلويث المياه السطحية بالمواد الحمضية. كما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان عند إستنشاقه.

ويعد الرماد البركاني المتوهج من أخطر النواتج البركانية، حيث أنه يتحرك بسرعة تصل إلى أكثر من مائة كيلومتر في الساعة وينتشر على مساحات واسعة محدثا كوارث بيئية خطيرة وتغيرات مناخية في المناطق التي يغطيها. وقد يؤدى الرماد البركاني إلى تساقط الأمطار من السحب البركانية، التي قد ينشأ عنها كتل من



شكل رقم (٢٩) التركيب الداخلي لبراكين القباب .



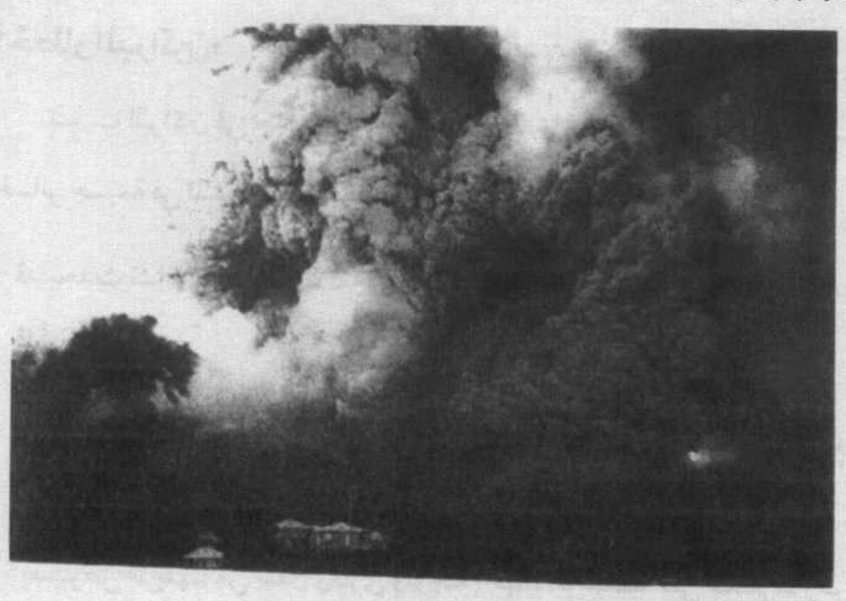
شكل رقم (٣٠) المقذوفات البركانية الصلبة .

الطين السائل ، التي تتحرك إلى أسفل المنحدرات، وتدفن كل ما يعترض طريقها من مزارع وغابات وقرى(شكل رقم ٣٢) . كما تتسبب في فيضانات مائية مدمرة تؤدى إلى إنهيارات أرضية وإنهيارات السدود.

٢)**المواد السائلة:** تتمثل المواد السائلة من نواتج البراكين في الطفوح البركانية (لافا) ومنها تتكون الصخور البركانية. وعادة يبدأ تدفق الحمم البركانية من الفوهة بعد خروج الأبخرة الحارة والغازات، أو تندفع الحمم في الهواء على شكل أعمدة من المواد المنصهرة (شكل رقم ٢٨). وعادة ما تبلغ درجة حرارة الطفوح البركانية مابين ١٠٠٠-١٢٠٠م عند خروجها إلى سطح الأرض. وتعتمد سرعة إنسياب الطفوح البركانية على درجة لزوجتها التي يتحكم فيها تركيبها الكيميائي.

٣)**الغازات:** من النواتج الغازية البركانية بخار الماء الذي يخرج في كميات ضخمة (٦٠-٩٠٪) ويندفع مع الغبار والرماد البركاني إلى مسافات بعيدة ثم يتكثف ويسقط مع الرماد في صورة أمطار غزيرة بالقرب من البركان.

بالإضافة إلى بخار الماء تضم نواتج البراكين غازات أخرى ومواد طيارة تتفاوت تفاوتا كبيراً من ناحية الكم تبعا لطبيعة نوع البركان وقوته وشدته. وتختلف نسب نواتج البراكين من الغازات من بركان إلى آخر، كما تختلف في البركان الواحد بين إنفجار وآخر (شكل رقم ٣٣). وفى كافة الأحوال يكون بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت الجزء الأكبر من مجموع نسب الغازات المنطلقة من غالب البراكين. بالإضافة إلى ذلك يكون هناك نسب قليلة من الكلور والفلور والنتروجين وكبريتيد الهيدروجين وكلوريد الأمنيوم والهيدروجين وأول أكسيد الكربون والميثان وبخار الزئبق. وتعزى الانفجارات التي تحدث في قصبات البراكين غالى إختلاط الأكسوجين والهيدروجين وإحتراقهما الفجائي بفضل الحرارة والشحنات الكهربائية.



شكل (٣١) الرماد البركاني المتصاعد من فوهة أحد البراكين .



شكل رقم (٣٢) انسياب الطين البركاني .

أخطار البراكين:

تتسبب البراكين في حدوث كوارث بيئية عديدة تودي بحياة البشر وينتج عنها خسائر جسيمة في المنشآت والممتلكات. وتتمثل أخطار النشاط البركاني فيما يلي:

- قد يحدث نشاط زلزالي مع الانفجارات البركانية، كما يمكن أن يحدث إنزلاقات أرضية مدمرة.
- يؤدى إنسياب الطفوح البركانية (لافا) عالية الحرارة (١٠٠٠-١٢٠٠ ٥م) وإندفاعها وإنسيابها بسرعة عالية إلى المنحدرات والوديان إلى دفن كل ما يعترض طريقها من مدن وقرى وأوجه الحياة المختلفة على سطح الأرض وإندثارها. كما تساعد هذه الطفوح البركانية على حدوث حرائق في مناطق إنسيابها تؤدى إلى تدمير البيئة على سطح الأرض في المناطق القريبة من البركان.
- الطفوح البركانية، في المناطق البحرية أو القريبة من الشواطئ: يمكن أن تولد طوفانات بحرية (تسونامى) عاتية أو فيضانات في الأنهار.
- تؤدى المقذوفات البركانية الصلبة من الكتل الصخرية متباينة الأحجام والأشكال والقنابل البركانية والجمر البركاني، التي تقذف بها البراكين في الهواء بقوة وسرعة عالية، إلى تدمير ما يصادف طريقها من مباني ومنشآت وزروع وتشكل خطورة على الإنسان وممتلكاته.
- يؤثر الرماد البركاني المتوهج والأبخرة والغازات السامة المنطلقة من البراكين على البيئة، ومن حيث تأثيره على صحة الإنسان والحيوان عند إستنشاقه وحدوث إختناقات والكثير من الوفيات.

- يتسبب الرماد البركاني في دفن المدن والقرى وتهدم المباني ، كما يتسبب في تدمير النباتات والمحاصيل الزراعية وتلوث المياه السطحية بالمياه الحمضية.
- يتسبب الرماد البركاني الحار وبخار الماء الصاعد للغلاف الجوى إلى تساقط الأمطار من السحب البركانية وإنسياب الطين البركاني في الوديان والأخوار بسرعة عالية، مما يؤدى إلى طمس معالم الحياة في مناطق إنسياب وحدوث فيضانات عالية تدمر الكباري وجسور الأنهار والمجارى المائية.

وتقع مناطق الخطورة حول البراكين في دائرة قطرها حوالي ٢٥كم، وفى بعض الحالات قد تصل الخطورة إلى ١٠٠كم تبعاً لطبيعة البركان والعوامل الجوية المصاحبة.

التخفيف من أخطار البراكين:

على العكس من الزلازل التي تفاجئ الإنسان بوقوعها ومباغتتها إياه، فإن البراكين تقدم إنذاراً أو أكثر قبل إنفجارها بوقت كاف، يسمح للمحيطين بمناطق إنفجارها من مغادرة المكان في سلام. لكي يتعايش الإنسان مع الطبيعة في مناطق النشاط البركاني. ويعمل على التخفيف من مخاطرة ، يلزم مراقبة هذا النشاط بصفة مستمرة ، وتتمثل مراقبة النشاط البركاني في عدة طرق هي:

- قياس تشوهات سطح الأرض في مناطق النشاط البركاني، حيث أن قياس هذه التشوهات قبل حدوث الانفجار البركاني من التقنيات الحديثة التي تساعد على رصد النشاط البركاني والتعرف على طبيعته والتخفيف من مخاطره.
- قياس التغير في شكل المخروط البركاني باستخدام أجهزة قياس الميول والاستطالة والقياس الدقيق للتغير في الارتفاعات والمسافات .

- رصد النشاط الزلزالي المحلى في مناطق النشاط البراكانى.

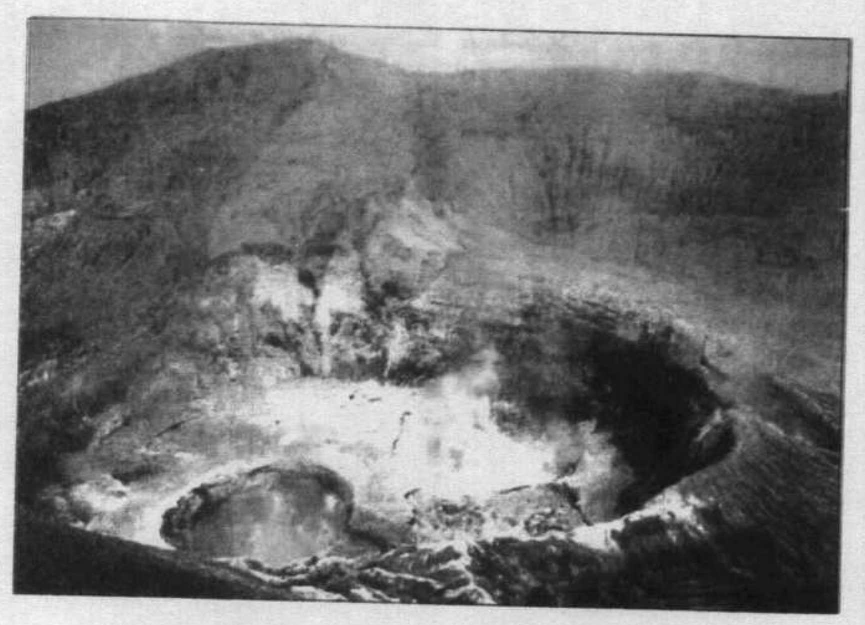
- قياس نسبة التغير في المكونات الغازية بمناطق النشاط البركاني.

- قياس التغير في المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي بمناطق النشاط البركاني، حيث أنه يعكس حركة الصهير.

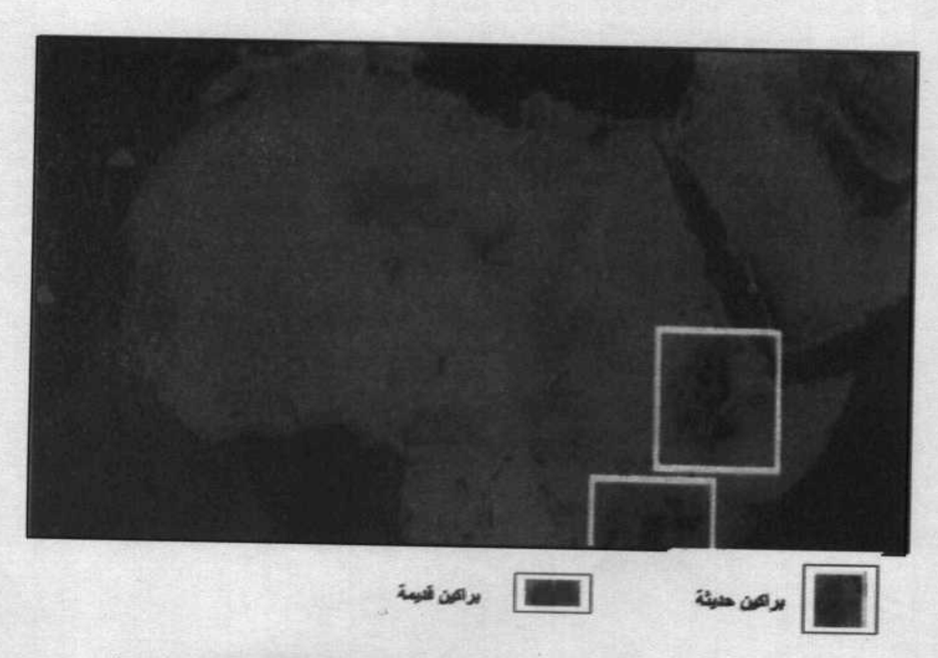
وتعتمد طرق الوقاية من مخاطر البراكين ومدى نجاحها على طرق مراقبة النشاط البركاني ووجود وسائل للإنذار المبكر.

النشاط البركاني في المنطقة العربية:

تتميز المنطقة العربية بعدم وجود براكين نشطة أو هادئة بها، ويوجد فقط شواهد عن براكين خامدة في عدة مناطق على إمتداد المنطقة العربية (شكل رقم ٣٤) ، ووجود شواهد عن طفوح بركانية حدثت على إمتداد العصور الجيولوجية. وأهم الشواهد البركانية من الأزمنة الجيولوجية البعيدة، مسطحات البازلت والطفوح البازلتية الشاسعة. وهذه الطفوح لا تتكون من مخروطات أو أقماع بركانية، إنما هي طفوح بركانية صادرة عن الشقوق والفواصل الأرضية.



شكل رقم (٣٣) الأبخرة والغازات المتصاعدة من قصبة وفوهة البركان .



شكل رقم (٣٤) النشاط البركاني في المنطقة العربية والمناطق المحيطة .

أ.د علي عبد العظيم تعيلب

أستاذ الجيوفيزياء وتحركات القشرة الأرضية المتفرغ بالمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

- من أوائل الحاصلين علي درجة دكتوراه فلسفة العلوم في مجال "طبيعة الأرض" في مصر. حصل علي درجة الدكتوراه عام ١٩٧٧ من معهد طبيعة الأرض ببوتسدام بألمانيا.

- حصل علي نوط الامتياز من الطبقة الأولي عام ١٩٩٥م، وجائزة الدولة التشجيعية في العلوم الجيولوجية عام ١٩٨٨م عن دورة في إنشاء تخصص دراسات تحركات القشرة الأرضية في مصر.

-حاصل أيضا علي شهادات تقدير من الجمعية الجيوفيزيقية المصرية عام ١٩٩٤م ومن المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية أعوام ١٩٩٠و١٩٩٦و٢٠٠٤ ميلادية وميداليات تقدير من المعهد عام ١٩٩٠م.

- علي المستوي المحلي شغل مناصب علمية وقيادية متعددة بالمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية حتي عام ٢٠٠٤م. ويشارك في أنشطة أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا من خلال رئاسته للجنة القومية للطبيعة الأرضية ومقاييس الأرض، وعضويته للجنة القومية للتخفيف من الكوارث، ومجلس بحوث العلوم الأساسية، ومجلس بحوث علوم وتكنولوجيا الفضاء، وأمانة شعبة تكنولوجيا وتطبيقات الاستشعار من البعد والتغيرات المناخية.

- علي المستوي الدولي فهو عضو مكتب الاتحاد الدولي للطبيعة الأرضية ومقاييس الأرض وعضو لجنته التنفيذية للفترة من ٢٠٠٣ - ٢٠٠٧م. ويمثل مصر لدي الرابطة الدولية للجيوديسيا، أحد روابط الاتحاد، منذ عام ١٩٩١م. كما تمتع بعضوية عدد من لجانها، ورئاسة أحد لجانها الفرعية عدة دورات خلال هذه الفترة.

المحتويات



تم الطبع :

بمطابع الطوبجي التجارية

٢٠ شارع جامع الإسماعيلي - لاظوغلي - القاهرة

ت : ٧٩٦٢٣٦٤ - ٠١٢٢١١٧٣٠٦ - ٠١٠٨٨٢٨٨٨١